


SIGILLVM · COLLEGII · COLVMBIAE · NOVI · EBORACI
IN LVMINE TVO VIDEBIMVS LVMEN
I·PET·II·2·

# HANDBUCH DER HYGIENE.

II. THEIL.

1. ABTHEILUNG.

2. HÄLFTE.

v. ZIEMSSEN'S HANDBUCH
DER
SPECIELLEN PATHOLOGIE UND THERAPIE.
ERSTER BAND.
Dritte umgearbeitete Auflage.

---

# HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

# GEWERBEKRANKHEITEN

BEARBEITET VON

DR. A. BAER IN BERLIN, DR. F. ERISMANN IN MOSKAU, DR. C. FLÜGGE IN GÖTTINGEN, PROF. J. FORSTER IN AMSTERDAM, PROF. A. GEIGEL IN WÜRZBURG, BAUR. L. DEGEN IN REGENSBURG, PROF. A. HILGER IN ERLANGEN, PROF. L. HIRT IN BRESLAU, DR. A. KUNKEL IN WÜRZBURG, DR. G. MERKEL IN NÜRNBERG, PROF. v. PETTENKOFER IN MÜNCHEN, DR. F. RENK IN MÜNCHEN, DR. A. SCHUSTER IN MÜNCHEN, DR. J. SOYKA IN MÜNCHEN UND DR. G. WOLFFHÜGEL IN BERLIN.

HERAUSGEGEBEN

VON

Prof. Dr. **M. v. PETTENKOFER** und Prof. Dr. **H. v. ZIEMSSEN**.

ZWEITER THEIL.

1. ABTHEILUNG.

2. HÄLFTE.

LEIPZIG,

VERLAG VON F. C. W. VOGEL.

1882.

# HANDBUCH DER HYGIENE

UND DER

# GEWERBEKRANKHEITEN.

ZWEITER THEIL.

## SOCIALE HYGIENE.

1. ABTHEILUNG.

GRÖSSERE GEMEINWESEN.

2. HÄLFTE.

## WASSERVERSORGUNG

VON

REGIERUNGSRATH DR. G. WOLFFHÜGEL,
PRIVATDOCENT DER HYGIENE IN BERLIN.

LEIPZIG,
VERLAG VON F.C.W. VOGEL.
1882.

# INHALTSVERZEICHNISS.

## ZWEITES CAPITEL.

### Zweck der Wasserversorgung.



## DRITTES CAPITEL.

### Wasser und Gesundheit.



## VIERTES CAPITEL.

### Beurtheilung der Qualität des Wassers.

## FÜNFTES CAPITEL.

### Beurtheilung der Quantität des Wassers.

SECHSTES CAPITEL.

## Die Art der Beschaffung des Wassers.



SIEBENTES CAPITEL.

## Die Verbesserung des Wassers.



ACHTES CAPITEL.

## Die Zuleitung und Vertheilung des Wassers.

# WASSERVERSORGUNG

VON

Regierungsrath Dr. G. WOLFFHÜGEL,
PRIVATDOCENT DER HYGIENE IN BERLIN.

Die Unentbehrlichkeit des Wassers für den Lebensunterhalt aller Organismen hat einst General Lamoricière in dem geistreichen Worte gekennzeichnet, dass Afrika nicht mit dem Schwerte sondern mit dem Bohrer zu erobern sei. In der That schliesst das Wasser eine gewaltige Macht in sich, vor welcher der Mensch, selbst wenn er auch im Uebrigen alle Bedingungen des Wohlergehens auf Erden beherrschte, ohne Ausnahme sich beugen muss, denn er vermag sich nur in Regionen der Erdoberfläche zu dauerndem Aufenthalte niederzulassen, in welchen es wenigstens an der zum Leben unbedingt erforderlichen Menge dieses Elementes nicht gebricht.

Wird das Wasser von der Natur in freigebiger Weise dargeboten, so kommt sein hoher Werth wenig zum Bewusstsein. Eine um so höhere Verehrung wird ihm in Gegenden, welche mit dieser Gabe kärglich bedacht worden sind, und namentlich in Ländern der heissen Zone zu Theil.

Wo am Orte der Niederlassung sich keine augenfälligen Bezugsquellen ergeben oder wo die vorhandenen den Ansprüchen nach Menge und Beschaffenheit nicht mehr genügen, sucht man durch gewisse Veranstaltungen die Wohnstätten mit Wasser zu versorgen: Entweder werden die atmosphärischen Niederschläge in Behältern gesammelt und für den späteren Gebrauch aufbewahrt, oder es wird das in der Erdrinde verborgene Wasser künstlich erschlossen oder der Wasserreichthum eines benachbarten Gebietstheiles nutzbar gemacht.

---

**Literatur**, Lehr- und Handbücher. a. HYGIENE: L. Pappenheim, Handb. d. Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1870. Bd. 2. — W. Roth u. R. Lex, Handb. d. Militär-Gesundheitspflege. Berlin 1872. Bd. 1. S. 1. — F. Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspflege. Leipzig 1877. S. 225. — G. Wilson, Handb. d. Gesundheitspflege. Deutsch v. P. Boerner. Berlin 1877. S. 148. — E. A. Parkes, Practical hygiene. 5. Aufl. von F. de Chaumont. London 1878. S. 1. — W. R. Nichols (Boston), On drinking-water and public water-supplies (A. H. Buck, a treatise on hygiene and public health. Vol. I. p. 211). London 1879. — J. Arnould, Nouveaux éléments d'hygiène. Paris 1881. p. 632. — A. Bouchardat, Traité d'hygiène publique et privée. Paris 1881. p. 147. — J. Nowak, Lehrbuch der Hygiene. Wien 1881. S. 6. — A. Geigel, Die öffentliche Gesundheitspflege, allgemeiner Theil von v. Pettenkofer's Handb. d. Hygiene u. Gewerbekrankheiten. Leipzig 1882. S. 70 u. 194. — H. Eulenberg, Handb. d. öffentl. Gesundheitswesens. Berlin 1882. Bd. 2, Artikel „Wasser" (F. Tiemann u. C. Preusse), „Wasserversorgung" (C. Bischoff).

b. TECHNOLOGIE: F. Knapp, Lehrb. d. chem. Technologie. 3. Aufl. Braunschweig 1865. Bd. 1. — Muspratt, Chemie. 3. Aufl. Braunschweig 1880. Bd. 7,

F. Stohmann, „Wasser". S. 199. — F. Fischer, Die chem. Technologie d. Wassers. Braunschweig 1880.

c. BAUKUNDE: A. Bürkli, Anlage und Organisation städtischer Wasserversorgungen. Zürich 1867. — G. Hagen, Handb. der Wasserbaukunst. Berlin 1869. 3. Aufl. 1. Thl. Bd. 1. — Hughes, Treatise on waterworks for the supply of cities and towns. London 1875. — B. Salbach, Die Wasserleitung. 2. Aufl. Halle 1876. — J. T. Fanning, Practical treatise on water-supply engineering. New-York 1877. — W. Humber, Treatise on the water-supply. London 1877. — E. Grahn, Die städtische Wasserversorgung. München 1878. — F. König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen u. Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leipzig 1878. — L. Franzius und E. Sonne, Der Wasserbau (Handb. d. Ingenieurwissenschaften. Bd. 3), Cap. 1, 2 u. 3 bearbeitet v. A. Frühling, E. Sonne, E. Schmitt u. F. Lincke. Leipzig 1879. — J. H. B. Brown, Water-supply. London 1880. — B. Salbach, Wasserversorgung der Gebäude (4. Bd. d. Handbuchs d. Architektur). Darmstadt 1881.

---

## ERSTES CAPITEL.

# Die Wasservorräthe der Natur.

---

### Der Kreislauf des Wassers.

Wasser finden wir in der Atmosphäre, auf der Erdoberfläche und im Schoosse der Erde. Die Atmosphäre enthält dasselbe in Dampfform oder verdichtet zu Meteorwasser als Regen, Schnee u. dgl. Auf der Erde ist es in Rinnsalen oder Vertiefungen eingebettet und bildet Bäche, Flüsse, Seen und Meere. In der Erde lagert es auf einer undurchlässigen Schicht des Bodens als Grundwasser, die Zwischenräume des darüber liegenden porösen Erdreichs ausfüllend. Erde und Atmosphäre, sowie die auf oder in ihnen befindlichen lebenden und leblosen Körper, vollziehen ohne Unterbrechung einen Austausch ihres Wassers, wobei dasselbe, zum Theil unter Veränderung des Aggregatzustandes, mancherlei Wanderungen im Haushalte der Natur durchmacht.

Die Luft entnimmt der Erdoberfläche, sowohl den Gewässern als auch dem festen Lande, Wasser durch Verdunstung. Der Wasserdampf steigt, zunächst ohne fürs Auge wahrnehmbar zu sein, in der Atmosphäre auf und folgt deren Strömungen. Mit der Zeit erfährt derselbe eine Verdichtung zu sichtbaren Nebel- oder Dunstbläschen, sobald die mit Feuchtigkeit beladene Luft in kältere Regionen kommt, beziehungsweise sich mit kälteren Luftschichten mischt. Die Dunstbläschen bilden Nebel, wenn die sie führende Luft auf der Erdoberfläche lagert, oder sie schweben als Wolken in den höheren Schichten der Atmosphäre. Durch fortschreitende Verdichtung entstehen aus Nebelbläschen Regentropfen oder es erfolgt durch Aenderung des Aggregatzustandes je nach Umständen die Bildung von Schnee, Hagel u. dgl. Diese fallen aus der Atmosphäre auf die Erd-

oberfläche vermöge ihrer Schwere herab und speisen die ober- und unterirdischen Gewässer.

Das Wasser kehrt übrigens nicht allein in Niederschlägen dieser Art zur Erde wieder, vielmehr findet weiterhin eine Rückgabe dadurch statt, dass Wasserdampf an der kälteren Erdoberfläche als Thau oder Reif sich niederschlägt oder im Boden selbst, in welchen die atmosphärische Luft als Grundluft eindringt, absorbirt oder verdichtet wird.

Das der Erde wiedergegebene Wasser befeuchtet entweder nur die oberste Bodenschicht und verdunstet alsbald wieder, oder es fliesst, wo es auf Felsen fällt oder sonst einen wenig durchgängigen Boden findet, an der Oberfläche nach dem nächsten Wasserlaufe ab — oder es versickert und sinkt im Boden, bis es auf eine undurchlässige Schicht gelangt, um auf dieser in der Richtung des grössten Gefälles als Grundwasser abzufliessen.

Das Grundwasser speist Quellen und offene Waserläufe (Bäche, Flüsse, Seen). Die letzteren nehmen ausser den Zuflüssen des Grundwassers noch sowohl atmosphärische Niederschläge theils unmittelbar, theils in dem Tagewasser auf, welches sich aus dem auf der Erdoberfläche abfliessenden Meteor- und Quellwasser zusammensetzt, als auch die Abwässer des Haushaltes, der Gewerbe und der Landwirthschaft.

Die offenen Wasserläufe fliessen insgesammt, vereinigt zu grossen Flüssen, nach dem Meere, von dessen enormen Flächen die Atmosphäre durch Verdunstung fortwährend von Neuem grosse Wassermassen entnimmt, um sie dem Festlande später und oft in sehr weiter Entfernung in Form von Niederschlägen wieder zu geben.

In dieser Weise bewegt sich das Wasser in der Natur ohne Unterbrechung in einem Kreislaufe, dessen Bild sich zu einem complicirten gestaltet, wenn man noch die mit ihrem Lebensprocess daran betheiligten thierischen und pflanzlichen Organismen und die wasserhaltigen leblosen Körper mit in Betracht ziehen wollte. Dieser Kreislauf ist für die Qualität des Wassers in hygienischer Beziehung von grosser Tragweite, indem dasselbe auf seinen Wegen vielfach Gelegenheit findet, Verunreinigungen mit fortzuschwemmen oder in Lösung aufzunehmen, andererseits aber bei seinen Wanderungen und Wandlungen auch Reinigungsprocesse durchläuft, welche es in einen genussfähigen und brauchbaren Zustand zurückführen.

Wenn wir uns nach der Ursache der einzelnen Vorgänge im Kreislaufe des Wassers fragen, welche dasselbe an der Erdoberfläche in Dampf verwandelt, diesen in der Atmosphäre nach gewaltigen

Höhen zum Auftrieb bringt und die Wolken nach weit entfernten Himmelsstrichen treibt, um den unter denselben befindlichen Ländern tausendfältigen Segen zu spenden, — finden wir allein in der Sonnenwärme die eigentliche bewegende Kraft.

## Die Meteorwässer.

Durch den Uebergang in Dampfform wird das Wasser von allen in ihm gelösten und suspendirten Bestandtheilen so gründlich befreit, dass es fast den chemisch reinen Zustand erreicht, jedoch beginnt dasselbe mit der Rückkehr in den flüssigen Aggregatzustand auf allen seinen Wegen Beimengungen wieder aufzunehmen.

### *Zusammensetzung.*

Das zu Regen, Schnee u. dgl. in der Atmosphäre verdichtete Wasser findet schon, während es aus den höheren Luftschichten in die dem Erdboden näher gelegenen niedersinkt, die mannigfaltigsten, im Luftraume schwebenden Verunreinigungen zur Aufnahme bereit, welche bekanntlich in Hinsicht ihrer Natur die engsten Beziehungen zu den örtlichen Verhältnissen verrathen. Selbst das Meteorwasser, welches im freien Felde, fern von menschlichen Wohnstätten aufgefangen wird, zeigt schon gewisse Beimengungen mineralischen, pflanzlichen oder thierischen Ursprungs, aber es wird die Verunreinigung, wenn der Regen oder Schnee in der Nähe von Niederlassungen und namentlich von gewerblichen und industriellen Anlagen, durch eine mit Kohlendunst und flüchtigen Abgängen aller Art geschwängerte Atmosphäre herabgefallen ist, nicht selten hochgradig vermehrt.

Wie die Reinheit der atmosphärischen Luft lässt die davon abhängige Beschaffenheit des Meteorwassers ausser diesen örtlichen Unterschieden auch zeitliche Schwankungen je nach der Jahreszeit, Windrichtung, Dauer des Niederschlags u. s. w. erkennen. Das Regen- und Schneewasser ist demnach, wenn es auf der Erdoberfläche ankommt, selten mehr ein reines Wasser, aber am meisten büsst es an Reinheit ein, wenn es auf die Dächer der Häuser und auf andere Gegenstände der Erdoberfläche fällt, diese und den Erdboden abspült und Russ, Staub, Schlamm und Unrath aller Art mit fortschwemmt.

#### a) Die Gase und die gelösten festen Bestandtheile.

Die Zusammensetzung*) der Meteorwässer ist zunächst durch einen Gehalt an den natürlichen Bestandtheilen der Atmosphäre, an

*) Eine umfassende Uebersicht der Angaben, welche in der Literatur über die Zusammensetzung der natürlichen Wässer vorliegen, gibt F. Fischer[1]),

Stickstoff, Sauerstoff und Kohlensäure charakterisirt, der dem Löslichkeitsverhältnisse dieser Gase annähernd entspricht.

Ein von Reichardt untersuchtes Schneewasser enthielt im Liter 22,2 ccm Gas, welches aus 29,1 % Sauerstoff, 64,2 % Stickstoff und 6,7 % Kohlensäure bestand. Regenwasser, das bei 4 ° C. im Januar gesammelt war (1), zeigte im Liter eine Gasmenge von 32,4 ccm, im Juni bei 15 ° C. aufgefangenes (2) dagegen von nur 24,9 ccm, nach längerem Regen (3) von 26,9 ccm; nach sechstägigem Stehen (4) enthielt die letzte Wasserprobe noch 22,4 ccm Gas. Der Gasgehalt in diesen verschiedenen Beobachtungen war:

| | 1. | 2. | 3. | 4. |
|---|---|---|---|---|
| Sauerstoff | 31,8 % | 27,0 % | 13,3 % | 22,0 % |
| Stickstoff | 61,6 | 64,2 | 72,6 | 64,8 |
| Kohlensäure | 6,7 | 8,8 | 14,1 | 13,2 |

Im Uebrigen variirt die Zusammensetzung der Meteorwässer sowohl nach den einzelnen Bestandtheilen als auch nach den Mengenverhältnissen derselben. Der atmosphärische Niederschlag kann enthalten: Organische Stoffe und zwar sowohl kohlenstoff- als stickstoffhaltige, Ammoniak, Nitrate und Nitrite, Chloride, Sulfate, Sulfide, Alkalien, Calcium, Magnesium, Spuren von Phosphorsäure, Eisenoxyd, Jod, Brom, Arsen, Schwefelwasserstoff u. s. w.

Werthvolle Angaben über den Gehalt der Meteorwässer an organischen Substanzen und Stickstoffverbindungen sind von der englischen Commission*) zur Verhütung der Flussverunreinigung in ihrem 6. Bericht (S. 27 u. ff.) geliefert, welche zahlreiche Proben unter Anwendung der Elementaranalyse untersucht hat. In 81 Analysen von Regen und Schnee entfielen auf organische Stoffe im Liter 0,26 bis 3,72 mg (durchschnittlich 0,99 mg) Kohlenstoff und 0,03 bis 0,66 mg (durchschnittlich 0,22 mg) Stickstoff, bei einem Gehalt an Gesammtstickstoff von 0,71 mg. Die Mengenverhältnisse waren einigermaassen abhängig von der Windrichtung, was auch an anderen Orten beobachtet wurde. Für Thau und Reif wies die Analyse noch grössere Mengen von organischen Stoffen und Stickstoffverbindungen nach: An Kohlenstoff im Liter 1,95 bis 4,50 mg (durchschnittlich 2,64 mg), an Stickstoff 0,26 bis 1,96 mg (durchschnittlich 0,76 mg).

Analysen über den Gehalt an Ammoniak, Nitraten und Nitriten sind von verschiedenen Beobachtern mitgetheilt worden. Als Beispiel für die zeitlichen Schwankungen dieser Bestandtheile (mg i. l)

---

von dessen Aufzeichnungen wir auch in den folgenden Citaten Nutzen ziehen; in gleicher Weise bemerkenswerth ist die von Th. Schorer (Lübecks Trinkwasser, Lübeck 1877) gegebene Literatur-Zusammenstellung. Leider sind die Analysen der verschiedenen Beobachter selten nach einheitlichen Methoden ausgeführt (s. S. 147).

*) Commissioners, appointed in 1868, to inquire into the best means of preventing the Pollution of Rivers.

mag eine Angabe von Barral über Untersuchungen dienen, welche im Pariser Observatorium ausgeführt worden sind.

| Gesammelt | Gesammt-Stickstoff | Salpetersäure ($N_2O_5$) | Ammoniak | Chlor | Kalk |
|---|---|---|---|---|---|
| 1851. | | | | | |
| Juli | 4,67 | 6,01 | 3,77 | 3,88 | 9,02 |
| August | 9,44 | 20,20 | 4,42 | 2,89 | 8,68 |
| September | 11,95 | 36,33 | 3,04 | 2,39 | 7,16 |
| October | 4,46 | 5,82 | 1,08 | 1,84 | 2,43 |
| November | 4,64 | 9,99 | 2,50 | 2,64 | 4,26 |
| December | 15,01 | 36,21 | 6,85 | 0 | 7,36 |
| 1852. | | | | | |
| Januar | 3,90 | 7,64 | 2,53 | 1,61 | — |
| Februar | 11,13 | 11,77 | 9,65 | 4,62 | — |
| März | 2,92 | 6,86 | 1,47 | 2,11 | — |
| April | 3,63 | 3,57 | 3,53 | 2,18 | — |
| Mai | 2,54 | 5,57 | 1,14 | 1,15 | — |
| Juni | 2,01 | 1,84 | 1,84 | 1,37 | — |

Die Menge dieser Bestandtheile wechselt nicht nur je nach dem Orte, an welchem das Meteorwasser gesammelt wird, sondern auch an ein und demselben Beobachtungsorte je nach der Höhe, in welcher die Entnahme der Probe erfolgt. So fand Bobierre in Nantes für Regenwasser folgende abweichende Beobachtungszahlen (mg i. l).

| 1863. | Ammoniak | | Salpetersäure | | Chlornatrium | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 47 m | 7 m | 47 m | 7 m | 47 m | 7 m |
| Januar | 5,23 | 6,70 | 5,79 | 3,20 | 14,1 | 8,4 |
| Februar | 4,61 | 5,90 | — | — | 15,1 | 10,0 |
| März | 1,88 | 8,62 | 7,12 | 5,98 | 16,1 | 11,9 |
| April | 1,84 | 6,68 | 2,31 | 1,81 | 7,3 | 9,2 |
| Mai | 0,75 | 4,64 | 3,50 | 2,00 | 5,0 | 9,4 |
| Juni | 2,22 | 3,97 | 13,22 | 10,24 | 15,0 | 17,4 |
| Juli | 0,27 | 2,70 | — | — | — | — |
| August | 0,26 | 2,11 | 15,52 | 16,00 | 14,8 | 19,3 |
| September | 1,43 | 5,51 | 10,00 | 5,72 | 11,2 | 14,8 |
| October | 1,69 | 4,29 | 4,99 | 3,20 | 12,0 | 9,0 |
| November | 0,59 | 4,48 | 6,28 | 5,57 | 22,8 | 26,1 |
| December | 3,18 | 15,67 | 4,89 | 3,10 | 21,6 | 16,3 |
| im Durchschnitt | 2,00 | 5,94 | 7,36 | 5,68 | 14,0 | 13,8 |

Vom Regenwasser ist nachgewiesen, dass sein Ammoniakgehalt mit der Dauer des Regens abnimmt. In 5 Proben Regenwasser, die bei einem Regen nach einander in Portionen von 1,0, 1,0, 2,0, 2,0 und 3,55 Liter aufgefangen worden waren, erhielt Boussingault 6,59, 3,07, 1,40, 0,39 und 0,36 mg i. l Ammoniak (Mittel 1,52 mg).

Im Regenwasser zu Paris fand Boussingault den Ammoniakgehalt durchschnittlich zu 3 mg, am Liebfrauenberg in den Vogesen zu 0,79 mg im Liter.

Der Ammoniakgehalt der Luft und der Meteorwässer wird von der Erde nur vorwiegend aus Fäulnissvorgängen an der Bodenoberfläche geliefert, verhältnissmässig wenig tragen Industrie, Heizung und Beleuchtung dazu bei. Es ist eine bekannte Thatsache, dass der Schnee aus dem Boden, auf den er fällt, noch Ammoniak aufnimmt. Boussingault erhielt aus frisch gefallenem Schnee 1,78 mg Ammoniak und nach 1 1/2 Tage langem Liegen auf Gartenerde 10,34 mg i. l.

Die Salpetersäure im Meteorwasser ist hauptsächlich ein Oxydationsprodukt von Ammoniak und stickstoffhaltigen organischen Körpern, wird indessen, allerdings in geringen Mengen, auch durch elektrische Entladungen bei Gewittern erzeugt.

Diese Deutung des Auftretens von Ammoniak und Salpetersäure in der Luft und den atmosphärischen Niederschlägen lässt es erklärlich erscheinen, warum an bewohnten Orten der Gehalt vermehrt ist und grössere Ammoniakmengen nahe an der Erdoberfläche gefunden werden als in der Höhe.

Entsprechend dieser Thatsache ist auch der Nebel ungemein reich an Ammoniak. Als Maximum fand Boussingault zu Paris einmal im Nebelwasser (Januar 1854) 138 mg Ammoniak und 10,1 mg Salpetersäure im Liter, der Nebel am Liebfrauenberg enthielt im Liter nur 0,4 bis 1,8 mg Salpetersäure.

Den Ammoniakgehalt des Thaus zu Paris gibt Boussingault zu 1 bis 6 mg, den Salpetersäuregehalt des Thaus vom Liebfrauenberg zu 0,1 bis 1,1 mg i. l an.

Im Meteorwasser kommt auch als regelmässiger Befund salpetrige Säure vor (Schönbein). Der Gewitterregen enthält Wasserstoffsuperoxyd (Meissner, Struve, Goppelsröder).

Eine wesentliche Verunreinigung wird den atmosphärischen Niederschlägen durch die Heizungs- und Feuerungsanlagen zu Theil, welche die Atmosphäre mit den flüchtigen, mehr oder weniger vollständigen Produkten der Verbrennung schwängern. R. A. Smith[2)] schätzt die Menge der kohligen, theerartigen Substanz, welche aus der Verbrennung von Kohlen an die Atmosphäre abgegeben wird, auf etwa 3 % vom Gewicht des Brennmaterials. Im Regenwasser wies er derartige Stoffe nach, desgleichen Aschenbestandtheile und Schwefelsäure, die aus der beim Verbrennen schwefelhaltiger Steinkohle sich entwickelnden schwefligen Säure sich bildet. Dieser Gehalt an Schwefelsäure ist besonders in den englischen Fabrikorten ein beträchtlicher, z. B. in Manchester 50 mg, in der Nähe von chemischen Fabriken 70 mg i. l.

Chlornatrium und andere nicht flüchtige Bestandtheile des Meerwassers scheinen vorwiegend nur bei unruhiger See durch Zerstäubung in die Atmosphäre zu gelangen (Roubaudi, Lampadius).

### b) Die ungelösten festen Bestandtheile.

An nicht gelösten Bestandtheilen wird das Meteorwasser alle jene kleinsten lebenden und leblosen organischen Körper und mineralischen Partikel, welchen man bei der aëroskopischen Untersuchung begegnet, führen können, indem die atmosphärischen Nieder-

schläge die Luft gleichsam rein waschen. Beim Niedersinken aus der Atmosphäre beladet sich dasselbe mit den darin vorhandenen Mikroorganismen und bringt selbst auf diese Weise die Keime zur fauligen Zersetzung mit sich, welcher es so leicht anheimfällt.*)

## *Menge.*

Für die Wasserversorgung ist die Häufigkeit und Menge der atmosphärischen Niederschläge von höherer Bedeutung wie die Beschaffenheit des von ihnen zu erwartenden Wassers; sind dieselben doch eine unabweisliche Bedingung für das Bestehen und Fortkommen des pflanzlichen und thierischen Lebens, an welche nicht nur das Gedeihen der Saat unserer Felder sondern auch der Bestand und die Ergiebigkeit der Quellen und offenen Wasserläufe geknüpft ist.

Eine enorme Verdunstung findet unter den Tropen auf dem zum grössten Theil aus Wasser bestehenden Erdgürtel zwischen den beiden Wendekreisen statt, der gegen 700 geographische Meilen breit ist. Man nimmt schätzungsweise an, dass hier jährlich eine Wasserschicht von mehr denn 16 Fuss (etwa 5 m) Dicke als Wasserdampf in die Atmosphäre aufsteigt und von den Luftströmungen fortgeführt wird (Rossmässler[3]). Ein Theil dieser gewaltigen Wassermassen fällt in der Region der Calmen als tropischer Regen, der oft so sehr ergiebig ist, dass die Seefahrer auf dem Meeresspiegel süsses Wasser abschöpfen können. Nur der Ueberschuss kommt als atmosphärischer Niederschlag dem Festlande der beiden Halbkugeln, freilich unter Bevorzugung der nördlichen zu Gute.

Das Gebietsverhältniss zwischen Meer und Land kann man fast als 3 zu 1 annehmen, und zwar entfällt auf die nördliche Halbkugel dreimal mehr festes Land als auf die südliche, deren Festland auch viel ärmer an Flüssen ist. Da offenbar die Verdunstung auf dem Meere grösser und die Bildung von Niederschlägen geringer als auf dem Lande ist, muss die südliche Hemisphäre der nördlichen einen grossen Theil an Meteorwasser liefern; in diesem Sinne erscheint die Erde mit einer Dampfmaschine vergleichbar, welche in der südlichen Halbkugel den Kessel, in der nördlichen den Condensator hat und während unserer Winterszeit mit höherem Drucke arbeitet (Dove). Johnston hat das Verhältniss der auf die beiden Halbkugeln fallenden Regenmengen auf 26 zu 37 geschätzt.

Die Grösse der Verdunstung ist vorzugsweise abhängig von der Temperatur der Luft. In wärmerem Zustande nimmt die Luft eine grössere Menge Wasserdampf auf als in einem kühleren, weil ihr Sättigungsvermögen mit der Temperatur steigt und fällt.

*) „Cadens inficitur halitu terrae" Plinius, Hist. nat. XXXI, cap. 3.

Nach den Beobachtungen von Magnus und Regnault sind im Cubikmeter einer mit Wasserdampf gesättigten Luft enthalten

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| bei —10° | +5° | +0° | +5° | +10° | +15° | +20° | +25° | +30° C. |
| 2,1 g | 3,5 g | 4,9 g | 6,8 g | 9,4 g | 12,8 g | 17,2 g | 22,9 g | 30,1 g Wasser. |

Ausser der Temperatur wirken noch andere Faktoren auf die Verdunstung ein, so der Wassergehalt der Luft, die Stärke und Richtung des Windes, die Grösse und Lage der Verdunstungsfläche (des Gewässers oder feuchten Bodens), der Luftdruck. Demnach liefert die Verdunstung variabele Grössen.

Die Beobachtung derselben hat den hohen Einfluss einzelner dieser Bedingungen lange Zeit zu gering angeschlagen und in der Wahl der Apparate und der Art ihrer Anordnung ungleichartige Verfahren angewandt, sodass die Ergebnisse theils unsicher, theils nicht vergleichbar sind. Man kann daher die bis jetzt bekannten Erfahrungen über die Höhe der jährlich verdunsteten Wasserschicht und so auch die folgenden Zahlen von Schübler und Kämtz nur mit Vorsicht aufnehmen.

| Beobachtungsort | Verdunstung | mittlere Temperatur | Beobachtungsort | Verdunstung | mittlere Temperatur |
|---|---|---|---|---|---|
| | cm | ° C. | | cm | ° C. |
| Augsburg . . | 162,7 | 8,2 | Marseille . . | 230,1 | 14,1 |
| Berlin . . . | 70,4 | 9,0 | Rom . . . . | 198,2 | 15,9 |
| Breslau . . . | 40,1 | 8,3 | Rotterdam . . | 62,3 | — |
| London . . . | 64,4 | 10,5 | Tübingen . . | 64,7 | — |
| Manchester . . | 112,3 | 9,4 | Würzburg . . | 68,8 | 10,4 |
| Mannheim . . | 186,2 | 10,1 | | | |

Die Verdunstung ist im Schatten wesentlich geringer als in der Sonne. Der Einfluss der direkten Bestrahlung kann im Sommer das vier- und fünffache der Verdunstung im Schatten betragen. Im Walde verdunstet von Wasserflächen bei Weitem weniger Wasser als auf dem freien Felde.

Nach den Erhebungen der bayerischen forstlich-meteorologischen Stationen[4)] verdunsteten im Jahre 1868/69 von einer freien Wasserfläche im Walde 21,9 cm, im Freien dagegen 59,8 cm, desgleichen ist im Walde auch die Verdunstung vom Boden eine geringere als auf dem freien Felde, die Differenz betrug für einen unbedeckten (streufreien) Boden 62 % und für den streubedeckten 85 %.

An und für sich verliert aber unter sonst gleichen Bedingungen ein mit Wasser durchtränkter Boden, wahrscheinlich weil er durch seine Unebenheiten eine grössere Oberfläche darbietet, mehr Wasser als eine gleich grosse Wasserfläche. Ebenso kann, wie dies schon Schübler nachgewiesen hat, die Vegetation die Verdunstung steigern.

Gemäss dem zwischen Wasseraufnahme und Temperatur bestehenden Abhängigkeitsverhältnisse wird andererseits eine Abkühlung der Luft unter die ihrem Wassergehalte entsprechende Sättigungstemperatur dazu führen müssen, dass sich ein Theil des Wassers in Form von Nebelbläschen ausscheidet. Die Grösse dieser Verdichtung hängt wiederum von der ursprünglichen Höhe und der durch die Abkühlung gesetzten Differenz der Temperatur ab.

Die Luftströmungen, welchen wir die Vertheilung des Meteorwassers auf der Erdoberfläche im Kreislaufe verdanken, sind die Folge von Spannungsdifferenzen beziehungsweise von Gewichtsdifferenzen in der Atmosphäre, welche durch die ungleiche Erwärmung der Erdoberfläche hervorgerufen sind. Es entstehen auf diese Weise regelmässige Strömungen der Luft in der Richtung von den Polen zum Aequator und vom Aequator zu den Polen (Passatwinde, Polar- und Aequatorialströme), welche in ihrer Richtung gewisse zum Theil typische Verschiebungen durch die Axendrehung der Erde, durch Gebirge erfahren; zugleich treten unter dem Einflusse von örtlichen Verhältnissen, wie Wäldern, Gewässern u. dgl., Luftströmungen von lokalem Charakter (Land- und Seewinde) auf, deren Entstehung gleichfalls auf Temperaturdifferenzen zurückzuführen ist.

Die Bedeutung der Luftströmungen für die Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge ist selbstverständlich je nach der geographischen Lage des Ortes eine verschiedene. Aber es macht auch die Erdoberfläche einigen Einfluss in dieser Hinsicht geltend, denn wir wüssten uns sonst nicht zu erklären, warum in südlichen Ländern mit der Abtreibung der Wälder die Regenmenge abgenommen hat und warum die Wüste Sahara im Allgemeinen sehr regenarm ist. Offenbar findet die Luft, wenn sie über die erhitzten, trockenen Sandflächen streicht, selbst in einem stark befeuchteten Zustande nicht die Bedingungen zur Verdichtung ihres Wasserdampfes und zur Bildung von Niederschlägen.

Gebirgsküsten und Höhenzüge sind, wenn der Wind eine stark befeuchtete Luft gegen sie treibt, geeignet, Niederschläge zu veranlassen, indem sie nicht nur den Luftströmen Einhalt gebieten, sondern auch durch Abkühlung dieselben zwingen, ihren Wasserdampf als Thau oder Regen zum Theil abzugeben. Es wird dies um so mehr eintreten, wenn die Höhen bewaldet sind und durch die fortwährend in ihrer Vegetation stattfindende Verdunstung abkühlend wirken.

Für den nachtheiligen Einfluss der Entwaldung solcher Höhen liegen manche interessante Belege vor. So hatte in Venezuela der im Thale Aragua liegende See Tacarigua in wenig mehr als 200 Jah-

ren durch Entwaldung der umliegenden Höhen und ausgedehnte Urbarmachungen so bedeutend an Wasser eingebüsst, dass eine Menge ehemaliger Inseln desselben zu freistehenden Hügeln wurden und sich an seinen trocken gelegten Rändern Zucker- und Indigoplantagen ansiedeln konnten. A. v. Humboldt, welcher den See im Jahre 1800 besuchte, sagt mit Beziehung darauf, „durch Fällung der Bäume, welche die Berggipfel und Bergabhänge bedecken, bereiten die Menschen unter allen Himmelsstrichen den kommenden Geschlechtern eine doppelte Plage: Mangel an Brennstoff und Wassermangel."

Später lieferte der See einen weiteren Beweis für die Bedeutung des Waldes, indem nach jener Zeit, von der Humboldt spricht, die Ansiedler durch jahrelange politische Kämpfe decimirt wurden und der in den Tropen das verlorene Terrain bald wieder erobernde Wald das Seebecken von Neuem füllte (Rossmässler).

Während für die südlichen Länder kein Zweifel darüber besteht, dass die Entwaldung eine Abnahme der Regenmenge zur Folge hat, genügen die Beobachtungen für die gemässigte Zone noch nicht, um diese Frage als abgeschlossen erachten zu können. Dagegen stimmen alle Meinungen darin überein, dass die Wälder immerhin den segensreichsten Einfluss in Hinsicht des Wasserreichthums einer Gegend ausüben, indem sie das Wasser der Niederschläge zurückhalten; ihre Moos- oder Streudecke nimmt dasselbe auf und schützt es vor allzu raschem Ablauf und alsbaldiger Verdunstung. Diese Eigenthümlichkeit ist aber insbesondere für die Bergabhänge von Belang, von welchen sonst das Meteorwasser ohne Weiteres abfliessen würde. Soweit sich aus den interessanten Beobachtungsergebnissen der bayerischen Forst-Stationen ersehen lässt, wird die absolute Wassermenge der Quellen und Flüsse eines Landes durch die Bewaldung nicht wesentlich beeinflusst, aber der Wald regulirt die Wasservorräthe in der Weise, dass er das Wasser für die trockene Jahreszeit aufspeichert und dadurch zugleich im Frühjahr das Hochwasser beschränkt. Der Waldboden gibt im Winter eine geringere Wassermenge als das freie Feld, während er im Sommer aber das 2½-fache bis 3-fache Quantum zu liefern im Stande ist.

Auch in den Angaben über die Regenmenge, zumal in den älteren, vermissen wir die Gleichartigkeit in der Beobachtung. Wie sehr eine Verschiedenheit der Versuchsanordnung das Ergebniss beeinträchtigen kann, erhellt aus der Thatsache, dass die Regenmenge im Allgemeinen um so grösser gefunden wird, je näher am Boden der Regenmesser aufgestellt ist. Diese Differenz der Regenmengen kann auf einen Höhenunterschied von 30 bis 40 m selbst ein Drittel und mehr betragen.

Nach G. v. Möllendorf[5]) beträgt im Durchschnitt die Regenhöhe

in Deutschland 67 bis 68 cm und fallen davon auf den Winter 18,1 %, Frühling 22,4 %, Sommer 36 % und Herbst 23,5 %. Die mittlere jährliche Regenmenge der einzelnen Stromgebiete beträgt nach einer vom genannten Autor mitgetheilten Berechnung:

| Gegend | cm | Gegend | cm |
|---|---|---|---|
| Rhein (Coblenz bis Emmerich) | 68,07 | Saale . . . . . . . . . . | 70,48 |
| Main . . . . . . . . . | 69,75 | Spree und Havel . . . . . | 58,88 |
| Mosel . . . . . . . . . | 62,93 | Oder . . . . . . . . . . | 57,31 |
| Ems . . . . . . . . . . | 64,03 | Glatzer Neisse . . . . . | 66,25 |
| Weser bis Bremen . . . . | 75,50 | Bober . . . . . . . . . | 54,64 |
| Leine . . . . . . . . . | 71,13 | Lausitzer Neisse . . . . . | 59,89 |
| Elbe . . . . . . . . . . | 71,91 | Donau . . . . . . . . . | 89,33 |
| Eger . . . . . . . . . . | 67,03 | Küsten der Nordsee . . . . | 51,28 |
| Mulde . . . . . . . . . | 78,81 | Küsten der Ostsee . . . . | 49,59 |

van Bebber[6]) gibt die auf die deutschen Landschaftsgebiete fallenden mittleren Regenmengen (in cm) an, wie die folgende Tabelle zeigt.

| Gegend | Winter | Frühling | Sommer | Herbst | Jahr |
|---|---|---|---|---|---|
| *A. Norddeutsches Tiefland.* | | | | | |
| 1. Schleswig-Holstein. a) Nordseeküste . . | 14,61 | 12,09 | 19,08 | 22,87 | 68,65 |
| b) Ostseeküste . . | 13,75 | 11,20 | 18,62 | 18,38 | 61,95 |
| 2. Mecklenburg . . . . . . . . . . | 10,52 | 10,05 | 17,91 | 11,89 | 50,37 |
| 3. Pommern . . . . . . . . . . . | 11,09 | 11,70 | 19,90 | 14,47 | 57,16 |
| 4. Preussen. a) Westpreussen . . . . . | 8,71 | 10,16 | 19,16 | 12,93 | 50,97 |
| b) Ostpreussen . . . . . . | 9,84 | 11,35 | 22,66 | 16,06 | 59,92 |
| 5. Hannover und Oldenburg. a) . . . . | 15,27 | 13,55 | 21,77 | 21,24 | 71,84 |
| b) , . . . | 13,93 | 14,28 | 22,30 | 15,70 | 66,21 |
| 6. Brandenburg . . . . . . . . . . | 11,45 | 12,26 | 19,41 | 11,67 | 54,79 |
| 7. Posen . . . . . . . . . . . . . | 9,63 | 10,69 | 19,59 | 11,56 | 51,48 |
| 8. Schlesische Ebene . . . . . . . . | 9,10 | 12,85 | 22,82 | 12,78 | 57,56 |
| 9. Westphalen . . . . . . . . . . . | 17,36 | 16,35 | 23,51 | 19,24 | 76,47 |
| 10. Niederrhein . . . . . . . . . . . | 16,48 | 15,23 | 19,88 | 17,66 | 69,25 |
| *B. Mitteldeutsche Mittelgebirgs-Landschaften.* | | | | | |
| 1. Rheinisches Schiefergebirge . . . . . | 14,38 | 14,50 | 19,56 | 16,00 | 64,44 |
| 2. Hessen . . . . . . . . . . . . | 12,89 | 13,88 | 20,84 | 15,16 | 62,77 |
| 3. Provinz Sachsen und Thüringen . . . | 11,42 | 14,02 | 20,90 | 14,22 | 60,54 |
| 4. Harz . . . . . . . . . . . . . | 20,58 | 19,99 | 29,91 | 21,10 | 91,58 |
| 5. Königreich Sachsen . . . . . . . . | 12,09 | 15,42 | 21,95 | 13,92 | 63,38 |
| 6. Schlesisches Gebirge . . . . . . . . | 11,31 | 17,14 | 27,77 | 15.22 | 71,44 |
| *C. Süddeutsche Mittelgebirgs-Landschaften.* | | | | | |
| 1. Rheinpfalz . . . . . . . . . . . . | 12,79 | 14,25 | 18,41 | 15,80 | 61,26 |
| 2. Lothringen . . . . . . . . . . . . | 14,61 | 14,14 | 18,28 | 17,80 | 64,83 |
| 3. Elsass. a) Vogesen . . . . . . . . | 38,70 | 32,10 | 32,57 | 32,60 | 135,97 |
| b) Rheinebene . . . . . . . | 13,08 | 16,43 | 20,53 | 16,73 | 66,77 |
| 4. Baden . . . . . . . . . . . . . | 16,01 | 22,62 | 27,74 | 25,37 | 91,75 |
| 5. Würtemberg . . . . . . . . . . . | 12,97 | 16,96 | 24,60 | 17,27 | 71,82 |
| 6. Bayern . . . . . . . . . . . . . | 14,35 | 17.32 | 26.57 | 18,39 | 76,62 |

*Temperatur.*

Schon in Anbetracht des veränderlichen Aggregatzustandes der Meteorwässer stellt deren Temperatur eine variabele Grösse dar, dieselbe richtet sich, wenn wir nur den, der Menge nach wichtigeren, Regen und Schnee hier ins Auge fassen wollen, im Grossen und Ganzen nach den Jahreszeiten.

## Die Quellen und Brunnen.

Von den unzähligen Poren des Bodens aufgesaugt oder in Spalten und Risse zerklüfteter Felsschichten eingedrungen, sinkt das Meteorwasser, indem es den hydrostatischen Gesetzen folgt, in diesen Zwischenräumen nach abwärts, bis es entweder zu einer bereits vorhandenen Wasseransammlung gelangt und dieser beigemengt weiterfliesst, oder bis es von einer undurchlässigen Erdschicht, z. B. einem Thon- oder Mergellager, aufgehalten wird und auf dieser, falls dieselbe Gefälle hat, sich fortbewegt. Wo die undurchlässige Schicht die Erdoberfläche erreicht, tritt auch das Grundwasser als Quelle selbstthätig zu Tage, im anderem Falle findet dasselbe in sehr langsamer Strömung den Weg nach dem Bette der nächsten oberirdischen Wasserläufe, um diese zu speisen.

Im Gebirge, am Fusse von Abhängen kommen Quellen am häufigsten vor, oder es sind zahlreiche, zum Theil mächtige unterirdische Wasseradern in geringer Tiefe vorhanden, welche ohne Mühe aufgedeckt oder erschlossen werden. Es befindet sich in jedem Thale oder Passe, in jeder Terrainfalte oder Schlucht ein sichtbarer oder unsichtbarer Wasserlauf und zwar immer im Thalwege (Koenig-Poppe[7]). Solche unterirdische Wasserrinnen machen sich nicht selten durch Stellen am Boden bemerkbar, aus welchen in der nassen Jahreszeit Wasser hervorquillt oder an welchen Wasserpflanzen in üppiger Vegetation gedeihen.

Auf reichliche Vorräthe an Grundwasser kann man in der Ebene, in bewaldeten Gegenden, sowie in Flussthälern und überhaupt in der Umgebung von offenen Wasseransammlungen mit einiger Sicherheit rechnen. In der nächsten Nähe der letzteren wird je nach der Durchlässigkeit des Bettes und je nach dem wechselnden Verhältnisse ihres Niveaus zum Grundwasserspiegel in Folge von seitlicher Filtration Flusswasser dem Grundwasser sich beimengen.

*Einfluss des Bodens auf die Zusammensetzung.*

Auf das in der gedachten Weise zu Grundwasser werdende Meteorwasser üben die Erdschichten, welche es durchsickert, eine reinigende

Wirkung aus, welche entsprechend der physikalischen und chemischen Beschaffenheit des Bodens (Durchlässigkeit, Korngrösse, Reinlichkeitszustand u. s. w.) mehr oder weniger zur Geltung kommt.

Während der Boden dem Wasser die ungelösten Bestandtheile, und bei langsamem Niedersinken durch dicke Schichten eines feinporigen Materials selbst die kleinsten Lebewesen, in Folge einer Art von Massenanziehung zum grössten Theil entzieht, äussert er auch auf den Gehalt an gelösten Stoffen insofern einen günstigen Einfluss, als von ihm manche derselben durch Flächenattraktion absorbirt, theils ganz zurückgehalten, theils chemisch verändert wiedergegeben werden. Bei dieser selbstthätigen Filtration erweist sich die gleichzeitige Berührung des Wassers mit Luft und porösen Körpern besonders wirksam, indem sie grösstentheils unter Mitwirkung von Mikroorganismen auch Oxydationsprocesse einleitet, durch welche aus höher constituirten Körpern weniger complicirte entstehen.

Der Boden*) vermag die organischen Bestandtheile aus dem ihn durchsickernden Wasser durch Flächenwirkung in seinen obersten Schichten zu binden, wo dieselben durch Oxydation oder durch Fäulniss zerlegt werden. An dieser Verarbeitung der organischen Stoffe betheiligen sich, wenn der Boden bepflanzt ist, die Wurzeln der Gewächse, indem sie einen Theil derselben aufsaugen. In gleicher Weise hält der Boden aus Lösungen Ammoniak, Kali, Magnesia, Phosphorsäure, Kieselsäure u. s. w. zurück, in viel geringerem Maasse auch Natron, Chlor, Kalk, Salpetersäure und salpetrige Säure und bindet namentlich die Ackerkrume energisch Ammoniak und Kalisalze.

Diese Absorptionsfähigheit, welche zum Theil auf chemischen Processen beruht, ist jedoch eine beschränkte. Schon die Uebersättigung des Bodens mit organischen Stoffen führt dazu, dass dieselben und andere Körper, die sonst leicht zurückgehalten werden, im Grundwasser auftreten, zugleich hat aber das Uebermaass an Imprägnirungsmaterial auch zur Folge, dass der Vorgang der Oxydation oder Verwesung in den der Fäulniss übergeht (Frankland[8], Soyka[9], v. Fodor[10]).

Wo im Boden eine lebhafte Oxydation statt hat, verschwinden mehr und mehr die organischen Stoffe und das Ammoniak, es treten Salpetersäure und salpetrige Säure dafür auf, dagegen findet sich bei der Fäulniss noch reichlich unzersetzte organische Substanz mit viel Ammoniak, während Salpetersäure und salpetrige Säure entweder gar nicht oder nur in geringen Mengen vorhanden sind (v. Fodor).

---

*) Vgl. dieses Handbuch I. Theil. Abthlg. 2. 2. Boden (Soyka).

Ein Versuch Fodor's, in welchem er den Einfluss der Uebersättigung studirte, ist geeignet, dies in lehrreicher Weise darzuthun. Es war unter gleichen Bedingungen auf zwei Bodenproben, welche in 135 cm hohe Glasröhren eingefüllt waren, längere Zeit täglich Harn aufgetragen worden und zwar auf die eine (*a*) 1 ccm mit 10 ccm Wasser, auf die andere (*b*) 10 ccm reiner Harn, bis unten je 100 ccm abgeflossen waren. Die Analyse dieses Sickerwassers ergab:

| | *a.* | *b.* |
|---|---|---|
| Salpetersäure | 92,00 mg | 0 |
| salpetrige Säure | 0,14 „ | 0 |
| Ammoniak | 1,75 „ | über 1000 mg |
| Organ. Substanz*) | 17,20 „ | 1740 „ |

J. v. Liebig unterschied die Zersetzung der organischen Stoffe nach Fäulniss und Verwesung. Die Fäulniss ist nach ihm, wie auch die Gährung, ein auf der Wirkung von chemischen Fermenten beruhender Vorgang, welcher des Luftzutritts nicht bedarf, die Verwesung dagegen eine, durch den Luftsauerstoff bewirkte, langsame Verbrennung vegetabilischer und animalischer Stoffe. Die heutige Lehre von der Fäulniss nimmt dagegen die Mitwirkung von Mikroorganismen für diese Processe im Allgemeinen als eine wesentliche Bedingung an, ohne dass sie, wie es namentlich A. Hiller dargethan hat, eine strenge Scheidung zwischen Fäulniss, Vermoderung und Verwesung treffen kann. Wohl trennt man aus praktischen Gründen nach wie vor die Verwesung von der eigentlichen Fäulniss, insoweit sich Unterschiede theils aus der Promptheit des Verlaufes, theils aus den Endprodukten der Zersetzung ergeben; der Zerfall durch Fäulniss dauert länger, die Verwesung geht unter Bildung von nicht oder wenig stinkenden Zersetzungsprodukten vor sich, sie lässt z. B. aus den stickstoffhaltigen Körpern nicht Ammoniak, wie die Fäulniss, sondern salpetrige Säure und Salpetersäure entstehen.

Ob nun in beiden Vorgängen die gleichen oder verschiedene Arten von geformten Fermenten wirksam sind, welche als Aërobien oder Anaërobien (Pasteur) sich durch ein ungleiches Sauerstoffbedürfniss unterscheiden oder ob nur biologische Abweichungen ein und derselben Lebensform vorliegen, ist endgültig noch nicht dargethan. Für die Oxydations- und Fäulnissvorgänge im Boden zieht v. Fodor aus seinen Beobachtungen den Schluss, dass die Schizophyten der Nitrification (Schlösing und Müntz) eher „Mikrobacterien“, die Schizophyten der Fäulniss dagegen „Desmobacterien mit Glanzsporen“ seien.

Bei Beurtheilung des Einflusses, den der Luftzutritt auf die Zersetzung äussert, darf man indessen nicht übersehen, dass derselbe stinkende Fäulnissprodukte durch Ventilation beständig entfernt und damit nicht nur desodorisirend wirkt, sondern auch Körper beseitigt, welche wie Nencki und Wernich angeben, durch ihre Anhäufung die Funktionsfähigkeit der Mikroorganismen lahm legen können.

Selbstverständlich werden derartige Läuterungsvorgänge um so vollständiger vor sich gehen, je besser der Boden mit den dazu er-

*) Mit Chamäleon bestimmt.

forderlichen Eigenschaften ausgerüstet ist, je länger das Wasser in demselben verweilt und je grössere Strecken es durchläuft.

Aber der Boden ist nicht minder im Stande auf die Zusammensetzung des Wassers im entgegengesetzten Sinne einzuwirken, da er selbst Bestandtheile an dasselbe abgibt.

Zunächst geht eine Veränderung im Gasgehalt des versickernden Meteorwassers vor sich, der Sauerstoff wird zu Oxydationszwecken vom Boden absorbirt und dafür Kohlensäure an das Wasser abgegeben.

Reichardt hat diesen Austausch experimentell nachgewiesen, indem er Regenwasser mit Torf zusammenbrachte und den Gasgehalt von Zeit zu Zeit bestimmte; er fand im Liter Wasser:

| Bestandtheile | im Anfang | nach 5 Stunden | nach 48 Stunden | nach 62 Stunden |
|---|---|---|---|---|
| Gasmenge . . . . . | 22,4 ccm | 31,3 ccm | 30,2 ccm | 31,3 ccm |
| Sauerstoff . . . . . . | 22,0 % | 5,9 % | Spur | 1,2 % |
| Stickstoff . . . . . . | 64,8 = | 79,6 = | 50,0 % | 47,4 = |
| Kohlensäure . . . . . | 13,2 = | 14,5 = | 50,0 = | 51,4 = |

Der Boden enthält an festen Bestandtheilen, die zur Aufnahme in das eindringende Meteorwasser oder das Grundwasser sich eignen, einerseits die seinen natürlichen, geognostischen Verhältnissen entsprechenden Mineralkörper, andererseits die durch die Vegetation oder in Folge von Düngung und unabsichtlicher Verunreinigung in ihm abgelagerten Stoffe. Gewöhnlich bildet nur eine beschränkte Reihe von Mineralsubstanzen die chemische Zusammensetzung der obersten Schichten der Erdrinde: freie Kieselsäure sowie deren Verbindungen mit Thonerde, Eisen, Calcium, Magnesium und den Alkalien, Carbonate von Calcium, Magnesium und Eisen, Eisenoxyde und Eisenoxydhydrate, Sulfate, Chloride, Phosphate und Nitrate von Calcium, Magnesium und Alkalien. Die Ablagerungen bestehen theils aus einzelnen der genannten Mineralverbindungen, theils aus organischen Stoffen und deren Zerfallsprodukten, besonders Ammoniumsalzen und Nitriten, theils aus organisirten Körpern.

Das Wasser vermag von diesen festen Bodenbestandtheilen manche ungelöst, in feinster Zertheilung, andere in Lösung aufzunehmen und fortzuführen. Die Menge der gelösten Stoffe hängt zum Theil von deren Löslichkeit, von den obwaltenden Temperaturverhältnissen und der Berührungsdauer ab, zum Theil findet das Auflösen eine Beschrän-

kung in der Bindekraft des Bodens. Einige Mineralkörper, wie die Carbonate von Calcium, Magnesium und Eisen, sind an sich in Wasser unlöslich und werden erst mit Hilfe der Kohlensäure in lösliche Verbindungen übergeführt. Die nicht löslichen Silicate, insbesondere die Feldspathe, verwittern unter der andauernden Einwirkung von kohlensäurehaltigem Wasser und zerfallen in lösliche Kieselsäureverbindungen und unlöslichen Thon.

Im Erdreich findet das versickernde Meteorwasser und das Grundwasser Eisen hauptsächlich als Oxyd, Oxydhydrat und Sulfid vor. Eisenoxyd und Eisenoxydhydrat werden unter Mitwirkung von reducirenden organischen Stoffen (Torflagern, vermodernden Baumresten u. dgl.) in Oxydul übergeführt und wird dieses vom kohlensäurehaltigen Wasser als Bicarbonat in Lösung aufgenommen.*) Die Eisensulfide bilden bei Gegenwart von Luft und Feuchtigkeit Eisensulfat, welches vom Wasser gleichfalls gelöst wird.

Durch Abdunsten von Kohlensäure geht das Eisenbicarbonat in unlösliches Eisencarbonat über. Dieses sowie die anderen Ferroverbindungen werden unter dem Einfluss des absorbirten Sauerstoffs je nach ihrer Natur zu Eisenoxydhydrat oder zu basischen Ferrisulfaten umgewandelt, welch' letztere in Wasser schwer oder gar nicht löslich sind. Es entstehen so Trübungen und schlammartige Niederschläge von schwach gelblicher Färbung bis zur dunklen rothbraunen Rostfarbe. Die suspendirten Beimengungen von Eisenverbindungen lassen sich durch Filtriren des Wassers beseitigen, während gegenüber den gelösten Eisensalzen, welche dem Wasser ausser einer schwach gelblichbraunen Färbung noch einen unangenehmen, tintenartigen Beigeschmack ertheilen, die Filtration ohne Erfolg ist.

Durch Auflösen von Calcium- und Magnesiumsalzen verliert das Wasser mehr und mehr an der ursprünglichen Weichheit, es wird durch einen hohen Gehalt an solchen hart.

Die Härte. Vom weichen Wasser unterscheidet sich das harte hauptsächlich durch gewisse Unzukömmlichkeiten im Gebrauch für Haushalt und Gewerbe, indem es sich zum Waschen, Kochen und Dampfkesselbetrieb, sowie zu manchen technischen Operationen weniger eignet.

Das Waschen mit hartem Wasser kann nur unter Verlust an Seife geschehen, weil die Calcium- und Magnesiumsalze sich mit der löslichen Oelsäure der Seife zu unlöslichen, pflasterähnlichen Verbindungen umsetzen. Man kann mit F. Fischer annehmen, dass das Wasser pro Liter mit jedem Härtegrad etwa 120 mg gute Kernseife vernichtet, z. B. 1 Liter eines Wassers von 25° Härte 3 g und 1 cbm desselben 3 kg Seife. Die Härte des Wassers bedingt aber ausser dem grösseren Seifenverbrauch noch den Uebelstand, dass die gebildeten Kalk- und Magne-

*) Ein interessantes Beispiel hierfür ist das frühere Trinkwasser zu Leipzig (F. Hofmann[11]).

siaseifen sich beim Waschen auf der Haut beziehungsweise in den Fasern der gewaschenen Stoffe, besonders der Wolle, festsetzen, was für die letzteren zur Folge hat, dass sie nach dem Trocknen weniger weich als früher und übelriechend werden.

In gleicher Weise bilden Kalk und Magnesia auch bei heissen Aufgüssen und beim Kochen von manchen Nahrungs- und Genussmitteln mit Bestandtheilen derselben unlösliche Verbindungen, wodurch z. B. das Weichwerden der Gemüse (Hülsenfrüchte) behindert und das Ausziehen von Thee und Kaffee beschränkt wird, so dass man von den letzteren, um Getränke von gleicher Güte zu bekommen, grössere Mengen aufwenden muss (Knapp[12]).

Die Erdalkalien haben ferner die nachtheilige Eigenschaft, dass sie den Kesselstein in Kochgeschirren und Dampfkesseln bilden, in welchen derselbe indirekt die Veranlassung von Explosionen werden kann.

Zunächst sind es die Carbonate, welche sich, sobald die freie und halbgebundene Kohlensäure in Folge der Erwärmung des Wassers entweicht, an der Gefässwandung niederschlagen, jedoch sind dieselben, weil sie zumeist nur einen pulverigen, weniger fest sich ablagernden Niederschlag bilden, für den Dampfkesselbetrieb nicht so sehr gefürchtet als die Sulfate und zumal der Gyps, welche eine dichte Kruste ansetzen.

Den Gehalt an Calcium- und Magnesiumsalzen drückt man gewöhnlich in Härtegraden aus; in Deutschland entspricht einem Härtegrad 1 Theil Calciumoxyd (oder der äquivalente Theil Magnesia) in 100 000 Theilen Wasser oder 10 mg Kalk im Liter.

Es fehlt uns eine Vereinbarung darüber, bei welchem Härtegrad ein Wasser als weich oder hart zu bezeichnen ist. Gewöhnlich nennt man in der Technik ein Wasser, das nicht mehr als 10° Härte hat, noch weich und erklärt ein Wasser mit mehr als 18° Härte als zu hart für die allgemeine Versorgung[13]. In England gilt das Wasser als weich bei 2,5 bis 4, als ziemlich hart bei 5 bis 8, als hart bei 8 und als sehr hart bei 12 deutschen Härtegraden.*)

Zum Unterschiede von der durch die Sulfate und Chloride bedingten permanenten oder bleibenden Härte, welche beim Kochen nicht verschwindet, wird die von den Carbonaten des Kalks und der Magnesia hervorgerufene Härte als temporäre oder vorübergehende bezeichnet. Die Gesammthärte, welche im gewöhnlichen Sprachgebrauch einfach „Härte" genannt wird, entspricht der Summe von temporärer und permanenter Härte.

Der Boden verleiht dem Wasser ein seiner Natur und Reinheit entsprechendes Gepräge, und bieten selbst die reineren Wässer, die wir dem Erdreich entnehmen, eine ungleiche Zusammensetzung dar, wie die im Folgenden mitgetheilten Typen des Quellwassers aus verschiedenen Gebirgsformationen Deutschlands zeigen, welche wir den Analysen von Reichardt[14] (S. 33) verdanken.

---

*) Ueber englische und französische Härtegrade siehe Capitel IV, „Untersuchungsverfahren" (S. 148).

| Formation | Gegend | 1 Liter Wasser enthält mg | | | | | | | Härtegrad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Rückstand | organische Stoffe | Salpeter-säure | Chlor | Schwefel-säure | Kalk | Magnesia | |
| Granit | Thüringen | 24,4 | 15,7 | 0 | 3,3 | 3,9 | 9,7 | 2,5 | 12,7 |
| = | = | 70,0 | 4,0 | 0 | 1,2 | 3,4 | 30,8 | 9,1 | 43,5 |
| = | Schlesien | 210,0 | 4,7 | 0 | Spur | 10,3 | 44,8 | 21,0 | 74,2 |
| Melaphyr | — | 160,0 | 19,2 | 0 | 8,4 | 17,1 | 61,6 | 22,5 | 93,1 |
| Basalt | — | 150,0 | 1,8 | 0 | Spur | 3,4 | 31,6 | 28,0 | 60,8 |
| Thonsteinporphyr | — | 25,0 | 8,0 | 0 | 0 | 3,4 | 5,6 | 1,8 | 8,1 |
| Thonschiefer | Steben | 120,0 | 0 | 0,5 | 2,5 | 24,0 | 50,4 | 7,3 | 60,6 |
| = | Sachsen | 60,0 | 17,3 | 0 | 8,8 | 1,7 | 2,8 | 3,6 | 7,8 |
| = | Greiz | 70,0 | 17,0 | Spur | 2,0 | 5,0 | 5,6 | 1,8 | 8,0 |
| = | = | 180,0 | 21,0 | Spur | 10,6 | 10,0 | 44,0 | 10,8 | 59,1 |
| Bunter Sandstein | — | 125,0 bis 225,0 | 13,8 | Spur bis 9,8 | 4,2 | 8,8 | 73,0 | 48,0 | 139,6 |
| = | bei Meiningen | 300,0 | 9,1 | 4,0 | 3,2 | 3,4 | 95,2 | 7,2 | 105,0 |
| = | = Gotha | 190,0 | 4,0 | Spur | 8,9 | 27,5 | 39,2 | 28,0 | 78,4 |
| = | = Rudolstadt | 90,0 | 2,6 | 0 | 7,5 | 0 | 10,0 | 3,6 | 15,0 |
| Muschelkalk | bei Jena | 325,0 | 9,0 | 0,21 | 3,7 | 13,7 | 129,0 | 29,0 | 169,5 |
| Dolomitisch | (Mittelzahlen) | 418,0 | 5,3 | 2,3 | Spur | Spur bis 34,0 | 140,0 | 65,0 | 231,0 |
| Gypsquelle | bei Rudolstadt | 2365,0 | Spur | Spur | 161,0 | 1108,3 | 766,0 | 122,5 | 927,5 |

Wesentlich anders gestaltet sich das Bild, wenn der Boden nicht rein, sondern mit Resten des thierischen und pflanzlichen Stoffwechsels, Abfällen des menschlichen Haushalts und werthlosen Nebenerzeugnissen von gewerblichen und industriellen Anlagen durchsetzt ist. Das Wasser hat dann aus dieser Verunreinigung beziehentlich ihren Zerfallsprodukten bald charakteristische Körper als Bestandtheile aufgenommen, welche in reinem Zustande ihm nicht eigenthümlich sind, bald zeigt es nur eine Vermehrung der von Natur ihm zukommenden Bestandtheile. Freilich kann dasselbe auch von diesen im Boden aufgenommenen Stoffen durch Filtration zum Theil wieder befreit werden, wenn es in reinere Schichten der Erdrinde übertritt und noch grosse Strecken derselben durchwandert.

Da die der Erdoberfläche zunächst liegenden Bodenschichten, wenn dieselben nicht aus lockerem Gerölle bestehen, den grössten Theil der eindringenden Verunreinigung zurückzuhalten suchen, wird das Grundwasser durch das von oben versickernde Imprägnirungsmaterial verhältnissmässig wenig und vorwiegend nur dann verunreinigt, wenn es hoch steht, also wenn der Weg, welchen das Sickerwasser nimmt, nur ein kurzer ist.

Erfahrungsgemäss haben denn auch die Brunnen, wenn wir von

den selteneren direkten Zuflüssen von Jauche absehen, bei Weitem stärker unter der Nachbarschaft von Abort- und Versitzgruben, Kloaken, Dünger- und Jauchegruben u. s. w. zu leiden (Pfaff[15]), welche mit ihrer Sohle mehr oder weniger tief in den Boden eingelassen und vermöge der mit der Zeit unvermeidlich eintretenden Durchlässigkeit ihrer Wandungen ganz dazu angethan sind, mit dem Grundwasser in Beziehungen zu treten, indem sie entweder zu einem unmittelbaren Hinzufliessen ihres Inhaltes führen oder mit diesem die im Bereich der Grundwasserschwankungen liegenden Erdschichten durchtränken. Dementsprechend findet man das Wasser im Untergrund von Wohnplätzen gewöhnlich stärker als im unbebauten Lande oder im Ackerboden verunreinigt.[16]

Die Brunnen werden je nach ihrer Tiefe mit grösserer oder geringerer Wahrscheinlichkeit unter dem Einflusse der genannten Ursachen der Bodenverunreinigung stehen. Man unterscheidet in diesem Sinne zwischen Tiefbrunnen und Flachbrunnen; mit ersteren bezeichnet Frankland eine Brunnentiefe von 30 m und mehr.

Auch möchte man annehmen, dass die Beschaffenheit des Wassers sich mit der Dauer der Bewohnung mehr und mehr verschlechtert, jedoch trifft diese Voraussetzung häufig nur für die erste Zeit zu, da nach wenigen Jahren in manchen Brunnen, wenn der Boden mit Imprägnirungsmaterial gesättigt, ein stationärer Zustand eintritt, in welchem die Verunreinigung des Wassers die gleiche Höhe wie bei Brunnen aus Grundstücken, die seit Jahrzehnten bebaut sind, erreicht und auf dieser Höhe verharrt.

### a) Beschaffenheit des Wassers aus bewohntem Boden.

Die Brunnen einer Stadt zeigen gewöhnlich weit auseinander gehende Unterschiede in der Qualität des Wassers, wie die auf S. 24 und 25 folgende Tabelle von F. Fischer nachweist, in welcher die Maximal- und Minimalgehalte (mg i. l) von städtischen Brunnenwässern mitgetheilt sind.

Eine kolossale Verunreinigung zeigen nach v. Fodor's Untersuchungen (Herbst 1876 bis Ende 1879) viele Brunnen der Stadt Budapest, deren Maxima 5845 mg Rückstand, 880 mg org. Substanz (mit Chamäleon bestimmt), 777 mg Chlor, 1350 mg Salpetersäure, 218 mg salpetrige Säure und 130 mg Ammoniak betragen. Ein gutes Trinkwasser, das übrigens nicht so selten in der Stadt sich findet, enthält 275 mg Rückstand, 13,0 mg organische Substanz, 9,5 mg Chlor, 19,8 mg Salpetersäure, keine salpetrige Säure, 0,06 mg Ammoniak i. l.

Es ist eine eigenthümliche Erscheinung, dass man bei Untersuchung der Brunnenwässer einer Stadt grossen Unterschieden im Reinlichkeitszustande nicht selten auch dann begegnet, wenn die in Vergleich gezogenen Brunnen in Hinsicht der Verunreinigung, welche dem sie umgebenden Erdreiche zu Theil wird, scheinbar unter gleichen Bedingungen gestanden haben.

Solche Abweichungen können uns nur an der Hand der, im Wesentlichen durch die Arbeiten von C. Flügge[17)] experimentell begründeten, alten Erfahrung verständlich werden, dass die Zusammensetzung des Grundwassers nicht minder eine Funktion der physikalischen Verhältnisse als der chemischen Beschaffenheit des Bodens ist. Unsre Brunnen werden gespeist einerseits durch das im Bereich ihres Wassermantels von der Erdoberfläche in den Boden eindringende Wasser, andererseits und zumeist vorwiegend durch das im Boden vorhandene, beziehungsweise in der unterirdischen Drainage zufliessende Grundwasser. Je nach dem Verhältnisse dieser Componenten in Hinsicht ihrer Menge und Beschaffenheit, je nach der räumlichen Entfernung des Brunnens vom Ursprung der Verunreinigung (Erdoberfläche, Abortgruben u. dgl.) wird unter sonst gleichen Bedingungen der Reinlichkeitszustand des Wassers ein anderer sein und der chemnische Befund die Verunreinigung einer begrenzten Lokalität mehr oder weniger richtig anzeigen können.

Für die Ergiebigkeit der Speisung, sowie das Vorherrschen der vertikalen oder horizontalen Zuströmung ist der Grad der Durchlässigkeit der Bodenschichten maassgebend, so dass wir Unterschiede zwischen Brunnen im dichten und lockeren Boden zu erwarten haben und Abweichungen davon finden werden, wo die nächste Umgebung eines im dichten Boden stehenden Brunnens von durchlässigem Erdreich gebildet wird, oder wo sich im lockeren Boden weniger durchlässige Schichten einschieben. Der Zufluss von der Erdoberfläche kann überdies durch ein starkes Gefälle derselben beschränkt sein.

Die Zusammensetzung des dem Brunnen zuströmenden Wassers hängt nicht sowohl von der ursprünglichen Beschaffenheit der Zuflüsse als von der Leistung jener Wechselwirkung ab, durch welche der Boden und das ihn durchdringende Wasser sich gegenseitig läutern und verunreinigen. Es fällt dabei mit der mechanischen Struktur und Korngrösse des Bodens die früher erwähnte Bindekraft wesentlich ins Gewicht, d. h. die grössere oder geringere Fähigkeit des Erdreichs, das Imprägnirungsmaterial und dessen Zerfallsprodukte gegenüber dem Wasser zurückzuhalten und zum Theil auf

| Orte | | Chlor | Schwefelsäure ($SO_3$) | Salpetersäure ($N_2O_5$) | Salpetrige Säure ($N_2O_3$) | Ammoniak |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Apolda | | 489 | 615 | 608 | — | — |
| Barmen | Max. | 260 | — | 550 | — | stark |
| | Min. | 10 | — | 8 | — | 0 |
| Basel | Max. | 90 | 78 | 400 | — | — |
| | Min. | 5 | 2 | 2 | — | — |
| Bern | Max. | 128 | 80 | 652 | 0,4 | 2,0 |
| | Min. | 9 | 17 | 19 | Spur | 0,1 |
| Berlin | Max. | 342 | 485 | 358 | — | — |
| | Min. | 4 | 41 | 6 | — | — |
| Bonn | Max. | 235 | 122 | 334 | stark | stark |
| | Min. | 14 | 30 | Spur | 0 | 0 |
| Karlsruhe | Max. | 147 | 70 | 214 | Spur | 0 |
| | Min. | 11 | 30 | 10 | — | 0 |
| Coblenz | Max. | 165 | 173 | 229 | — | — |
| | Min. | 15 | 13 | Spur | — | — |
| Darmstadt | Max. | 239 | 177 | 380 | sehr stark | sehr stark |
| | Min. | 9 | 0 | 10 | sehr schwach | sehr schwach |
| Dorpat | Max. | 600 | 255 | 816 | — | 26,0 |
| | Min. | 6 | 8 | 1 | — | 0,2 |
| Fürth | Max. | 456 | 141 | 463 | — | 1,3 |
| | Min. | 24 | 19 | 11 | — | 0,6 |
| Hamburg | Max. | 433 | 389 | 387 | Spur | 0 |
| | Min. | 21 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Hannover | Max. | 838 | 991 | 476 | sehr stark | 104,4 |
| | Min. | 36 | 37 | 7 | 0 | 0 |
| Hildesheim | Max. | — | — | 342 | — | — |
| Königsberg | Max. | 340 | 118 | 114 | 11,4 | 5,0 |
| | Min. | 11 | 9 | 3 | 0 | 0,1 |
| Leipzig | Max. | — | — | 437 | sehr stark | 19,0 |
| | Min. | — | — | Spur | 0 | 0 |
| Linden | Max. | 310 | 364 | 220 | stark | sehr stark |
| | Min. | 42 | 80 | 52 | Spur | Spur |
| Magdeburg | Max. | 886 | 450 | 1130 | stark | 0,2 |
| | Min. | 192 | 253 | 113 | — | 0,1 |
| Mailand | Max. | 313 | — | 420 | — | 7,8 |
| | Min. | 9 | — | 1 | — | 0,2 |
| Otterndorf | Max. | 426 | 491 | 247 | Spur | 47,4 |
| | Min. | 72 | 29 | Spur | 0 | 0 |
| Rotenburg | | 18 | 3 | 13 | 0 | 0 |

| Organisches | Kalk | Magnesia | Härtegrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| 53 | 470 | 252 | 82 | *Reichardt,* Grundlagen. S. 41. |
| 150<br>0 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | *Bulk,* Ztschr. d. Niederrh. Vereins f. öff. Ges. 1873, S. 199; 1876. S. 45. 51 Analysen. |
| —<br>— | 247<br>46 | 45<br>3 | —<br>— | *Goppelsröder,* Verhandl. der naturf. Ges. in Basel. 1872. 22 Brunnen. |
| sehr stark<br>Spur | 342<br>122 | 37<br>19 | —<br>— | *Aeby,* Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 5. S. 212. 11 Brunnen. |
| 717<br>88 | 612<br>141 | 154<br>13 | —<br>— | *Reich,* Die Salpetersäure in Brunnenwässern. 25 Brunnen. |
| 49<br>5 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | *Finkelnburg,* Ztschr. d. Niederrh. Ver. f. öff. Ges. 1873. S. 25. 48 Brunnen. |
| —<br>— | 283<br>90 | 48<br>13 | —<br>— | *Weltzien-Birnbaum,* Brunnenwässer d. Stadt Karlsruhe. 9 Brunnen. |
| 1268<br>27 | —<br>— | —<br>— | 35<br>18 | *Zwick,* Ztschr. d. Niederrh. Ver. f. öff. Ges. 1874. S. 204. 56 Brunnen. |
| 105<br>7 | 351<br>37 | 88<br>0 | —<br>— | *Schulze,* Vorarbeiten für d. Wasserversorgung Darmstadts. 36 Brunnen. |
| —<br>— | 316<br>115 | 508<br>37 | 103<br>— | *Schmidt,* Die Wasserversorgung Dorpats. 167 Brunnen. |
| 184<br>11 | 282<br>104 | 140<br>33 | 44<br>15 | *Langhans,* Vierteljahrsschr. f. öff. Ges. 1871. S. 21. 6 Brunnen. |
| 243<br>0 | 559<br>33 | 45<br>4 | —<br>— | *Wibel,* Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs 1876. 10 Brunnen. |
| 4198<br>Spur | 906<br>107 | 172<br>10 | 110<br>— | *Fischer,* Trinkwasser; Dingl. pol. J. 1875. Bd. 215, S. 517 u. unveröff. Untersuchungen. 112 Brunnen. |
| 286 | — | — | — | *Alberti,* Bericht üb. die Thätigkeit d. Hildesheimer Versuchsstation f. 1874. |
| 190<br>30 | 313<br>26 | 47<br>13 | 38<br>5 | *Beer,* Archiv der Pharmacie. Bd. 209, S. 318. 6 Brunnen. |
| —<br>— | —<br>— | —<br>— | —<br>— | *Bach,* Die Brunnenwässer der Stadt Leipzig (1874). 101 Brunnen. |
| 112<br>22 | 480<br>160 | 78<br>6 | —<br>— | *Fischer,* Trinkwasser. 10 Brunnen. |
| 356<br>stark | 647<br>240 | 39<br>28 | 204<br>— | *Aeby,* Journ. f. prakt. Chemie. Bd. 5. S. 213; *Gäde,* Ztschr. f. Epidemiol. 1874. S. 221. |
| 85<br>8 | —<br>— | —<br>— | —<br>— | *Pavesi* u. *Rotondi,* Studii chimico-idrologici. Dingl. pol. J. 1876. Bd. 225. S. 85. |
| 300<br>40 | 663<br>190 | 120<br>17 | 83<br>22 | *Pellens,* Die Wässer Otterndorfs (1876). 17 Brunnen. |
| 246 | 72 | 3 | 8 | *Fischer,* Trinkwasser. Torfiger Untergrund. |

anderen Wegen, z. B. in Gasform durch die Bodenventilation, abzugeben.

Wenn die unterirdischen Vorräthe für den Charakter des Wassers den Ausschlag geben, wird es darauf ankommen, ob der Brunnen in eine nahezu stagnirende Wasseransammlung oder einen lebhaften Grundwasserstrom mit seiner Sohle eingelassen, ob im letzteren Falle derselbe im Drainagegebiete an tiefer Stelle gelegen ist und so die Verunreinigung von oberhalb liegenden Terrainabschnitten erhält oder nicht.

Indem ich im Uebrigen auf die speciellen Erörterungen im Capitel III (S. 88) verweise, will ich hier noch hervorheben, dass die Beschaffenheit des Grundwassers auch von zeitlichen Faktoren, vorwiegend von den Witterungsverhältnissen abhängt.

An und für sich müssten die atmosphärischen Niederschläge, weil das Meteorwasser naturgemäss einen geringeren Salzgehalt als das Fluss- und Grundwasser hat, auf die Salze der letzteren verdünnend wirken, wenn es nicht auf seinen Wegen zu denselben mancherlei Gelegenheit fände, sich mit Bestandtheilen zu beladen. Je nach der Reinlichkeit der Erdoberfläche und der Bodenschichten, durch die es versickert, je nach der physikalischen Beschaffenheit derselben und der Länge des Weges, den es zurücklegen muss, wird der Effekt des Regens in Hinsicht der Zusammensetzung des Grundwassers ein anderer sein müssen.

A. Wagner[18)] hat für den lockeren Geröllboden von München und seiner Umgebung die interessante Thatsache festgestellt, dass die Brunnenwässer der Stadt in den mit atmosphärischen Niederschlägen reichlich bedachten Monaten unreiner sind als in den trockenen, während für die Wasserleitung, welche ihr Wasser aus einer unweit der Stadt gelegenen, noch unbewohnten Gegend (Thalkirchen) entnimmt, sich nachweisen liess, dass die Regenzeit dem Wasser keine Verunreinigung bringt. Da das geognostische Verhalten des Bodens in und ausserhalb der Stadt annähernd übereinstimmt, ist dieser Unterschied in der Wirkung des Regens wohl darauf zurückzuführen, dass die Meteorwässer in der Stadt auf einen mit Abfallstoffen durchtränkten Boden fallen, dagegen im Schöpfgebiete der Wasserleitung ein von den Einflüssen der Bewohnung und Bewirthschaftung noch wenig berührtes Erdreich treffen.

In einer späteren Arbeit über den gleichen Gegenstand bestätigte L. Aubry[19)] die Angabe Wagner's und konnte derselben überdies die Erfahrung beifügen, dass in Stadttheilen, welche inzwischen kanalisirt worden waren, die Brunnenwässer eine grössere Reinheit mit der Zeit angenommen hatten, und dass diesen der Regen keine Steigerung des Salzgehaltes mehr brachte.

### b) Verunreinigung des Wassers durch Friedhöfe.

Dank einer, unter Berücksichtigung der technischen Bedingungen, zumeist richtig erfolgenden Wahl des für die Beerdigung geeigneten Terrains führen Friedhöfe selten zu Missständen in Hinsicht der Wasserversorgung. Die an vielen Orten angestellten Erhebungen über das Verhalten des Wassers der Brunnen von Friedhöfen zu dem von anderen Grundstücken, haben — freilich zumeist nur nach Maassgabe der chemischen Analyse — im Allgemeinen eine günstigere Beurtheilung den Leichenäckern zu Theil werden lassen, als nach hergebrachten Vorstellungen zu erwarten gewesen war. So lassen Untersuchungen des Grundwassers von München (v. Pettenkofer), Darmstadt (Eigenbrodt), Berlin (Reich), Karlsruhe (Weltzien), Dresden (Fleck), Leipzig (Bach, F. Hofmann), Budapest (v. Rózsahegyi), Hannover (F. Fischer) erkennen, dass das Grundwasser der Friedhöfe weniger mit Fäulnissstoffen verunreinigt ist, als das ihrer Umgebung, beziehentlich von Brunnen, auf welche die Abort- und Versitzgruben u. dgl. eingewirkt haben.

Indessen fehlt es, wie begreiflich, nicht an gegentheiligen, wenn auch im Vergleich zu den anderen, seltenen Mittheilungen, nach welchen Friedhöfe auf das Grundwasser einen schlimmen Einfluss geäussert haben (u. A. vgl. Reichardt[14)] S. 83).

Angesichts der Thatsache, dass es gut und schlecht angelegte Friedhöfe gibt, wird sich die Möglichkeit einer Beeinflussung des Grundwassers durch die Leichenfäulniss ebensowenig bestreiten lassen, wie das Gegentheil. Immerhin ist aber einige Vorsicht in der Beurtheilung des Ergebnisses vergleichender Untersuchungen geboten. Man sollte nur die Zahlen von Analysen in Betracht ziehen, für welche das Wasser in der gleichen Zeit geschöpft ist, und bei deren Beurtheilung auch nach der Richtung des Grundwasserlaufes fragen. Ferner darf man nur die chemische Zusammensetzung des Wassers von Brunnen des nämlichen Ortes, welche eine Beziehung zum Leichenacker nicht vermuthen lassen, mit dem Friedhofwasser in Vergleich stellen und nicht etwa die eines aus der Ferne zugeleiteten, an sich viel reineren Quellwassers.

### c) Einfluss gewerblicher Anlagen.

Die Fabriken verunreinigen durch ihre Rückstände und Abwässer oft sowohl den Boden und das Grundwasser als auch die Flüsse. Die

Rückstände häufen sich mit der Zeit in der Nähe der industriellen Anlagen so zu sagen zu Bergen an und werden von den atmosphärischen Niederschlägen ausgelaugt, welche die löslichen Bestandtheile oder Umsetzungsprodukte beim Versickern in den Boden zum Grundwasser führen; die Abwässer dagegen werden in Versitzgruben abgelassen, von welchen aus das Grundwasser Bestandtheile aufnimmt, oder in die nächsten Wasserläufe eingeleitet (vgl. F. Fischer[20]).

Es ist eine grosse Zahl von Gewerben und Industriebetrieben, welche in der genannten Weise zu einer Verschlechterung des Wassers und selbst zu einer Gefährdung der Consumenten führen kann. So können aus der Sodafabrikation und der gewöhnlich damit verbundenen Herstellung von Schwefelsäure und Chlorkalk, Arsen, Salzsäure, saure Manganflüssigkeiten, Chlorcalcium, schwefelsaures Calcium, Schwefelcalcium, Kupfer- und Zinkvitriol u. s. w. zum Wasser gelangen.

In welche Calamität eine Soda-Schwefelsäurefabrik die Nachbarschaft durch ihre Rückstände versetzen kann, zeigt folgender, zu München von mir beobachteter Fall, den jüngst E. Egger[21] beschrieben hat. Im Jahre 1874, nachdem längst der Betrieb der Fabrik eingestellt worden war, lagen die Rückstände zu ungeheueren Massen angesammelt da, dem Käufer des Grundstücks zur Last und der Nachbarschaft zur Qual, da sie die Brunnen merklich verdarben und die Luft bei feuchtem Wetter durch Schwefelwasserstoff-Entwicklung verunreinigten. In Folge einer Einsprache wurden die benachbarten Brunnen von mir untersucht und darin je nach der Stromrichtung des Grundwassers und Entfernung von der Fabrik eine starke Verunreinigung auf weite Strecken nachgewiesen. Der Brunnen auf dem Fabrikplatze selbst enthielt, nachdem er gereinigt worden war, 3800 mg Rückstand, 269,8 mg Chlor, 113,2 mg Salpetersäure, 1567,0 mg Schwefelsäure und oxydirte 11,2 mg Kaliumpermanganat, während das Wasser eines Brunnens in der Nähe der Fabrik, der durch seine Lage ausserhalb der Strömung des unter dem Einflusse der Fabrikrückstände stehenden Grundwasserlaufes vor Verunreinigung bewahrt war, 400 mg Rückstand, 13,2 mg Chlor, 49,3 mg Salpetersäure, 23,6 mg Schwefelsäure ergeben und 6,5 mg Kaliumpermanganat oxydirt hatte.

Nachdem dem Besitzer des Grundstücks die Verpflichtung zur Beseitigung der Rückstände in Folge dieser Erhebungen auferlegt worden war, ruhten die Klagen, bis im Jahre 1880 neue Beschwerden laut wurden. Dieselben galten indessen dieses Mal entfernter gelegenen Brunnen in neu entstandenen Strassen und Häusern, die in der von Egger ausgeführten Untersuchung eine Verunreinigung in gleichem Grade erkennen liessen, wie die im Jahre 1874 untersuchten. Es stellte sich heraus, dass man die Fabrikrückstände, um sie los zu werden, überall wo sich ein scheinbar passender Ort darbot, so in ausgebeuteten Sandgruben, abgelagert hatte.

Die Leuchtgasfabriken geben Ammoniak, Rhodanverbindungen und Theerbestandtheile an das Wasser in der Umgebung ab. Die Verunreinigung der Brunnen erfolgt oft auf weite Strecken, so hat F. Fischer

einen 300 m von der Gasanstalt entfernten Brunnen dermaassen verunreinigt gefunden, dass das Wasser ungeniessbar und zu jeder häuslichen Verwendung unbrauchbar war; es sah weisslich trübe aus, roch nach Leuchtgas und hatte einen sehr unangenehmen Geschmack. Die Analyse ergab im Liter an organischen Stoffen 4198,4 mg, Chlor 440,2 mg, Schwefelsäure 991,6 mg, Salpetersäure 2,3 mg, salpetrige Säure 0, Ammoniak 81,6 mg, Kalk 906,1 mg, Magnesia 136,2 mg, ausserdem noch etwa 300 mg Rhodanammonium; Härtegrad 109,7.

Auch weiss man von den Farbenfabriken, dass sie unter Umständen einen nachtheiligen Einfluss auf die Brunnen äussern. Namentlich hat früher die Anilinindustrie — so lange dieselbe mit Arsenik arbeitete, auf dessen Wiedergewinnung sie keinen Werth zu legen hatte — durch Beseitigung der Arsenikrückstände in Senkgruben oder durch Einleitung derselben in Bäche und Flüsse zu Beimengungen von Arsen zum Wasser geführt. Goppelsröder[22], der seit dem Jahre 1864, wo in Basel die ersten Fälle von Vergiftung durch Genuss eines arsenhaltigen Brunnenwassers beobachtet worden waren, dem Gegenstande eingehende Wasser- und Bodenuntersuchungen gewidmet hatte, theilt in seinem Berichte vom Jahre 1872 eine Anzahl von weiteren Beobachtungen hinsichtlich derartiger Erkrankungsvorkommnisse mit.

### *Zusammensetzung des Wassers städtischer Versorgungen.*

Um ein Bild über die Beschaffenheit der Wässer zu geben, welche in Deutschland zu Versorgungszwecken Verwendung finden, entnehme ich dem Werke von F. Fischer die beiden auf Seite 30 und 31 folgenden Tabellen, deren Material aus Erhebungen des Vereins von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands hervorgegangen ist; die Bestandtheile sind in mg pro Liter angegeben.

### *Menge.*

Für die Ergiebigkeit unserer Quellen und Brunnen haben die Witterungsverhältnisse, wie überhaupt für die Menge der Wasservorräthe der Natur eine hohe Bedeutung und zwar nicht nur, weil die letzteren von Meteorwasser gespeist werden, sondern auch insofern, dass sie beim trockenen und warmen Wetter, welches ohnehin den Wasserverbrauch steigert, eine beträchtliche Einbusse erleiden. Da der Boden in Hinsicht der Fähigkeit, das Wasser der Niederschläge aufzusaugen und dem Grundwasser zuzuführen, ein wechselndes Verhalten darbietet und auch der Verlust durch Verdunstung örtliche und zeitliche Unterschiede zeigt, lässt sich aus der Regenmenge nicht mit Bestimmtheit die Ergiebigkeit eines Grundwasser- oder Quellengebietes vorhersagen.

Auf die Grösse der Versickerung ist von Einfluss: Die Con-

## a) Quellwässer.

| Orte | Chlor | Schwefelsäure ($SO_3$) | Salpetersäure ($N_2O_5$) | Salpetrige Säure ($N_2O_3$) | Ammoniak | Organisches | Kalk | Magnesia | Härtegrade | Kali | Natron | Gesammtrückstand | Untersucht von |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aschersleben | — | — | Spur | — | — | 21 | 147 | 39 | 20 | — | — | 620 | *Reichardt.* |
| Blankenburg | 17 | 16 | — | — | — | 33 | 103 | 5 | 11 | — | 15 | 241 | *Frühling* und *Schulz* |
| Chemnitz | 8 | 10 | — | — | — | 20 | 8 | Spur | 1 | — | — | 73 | *Wender.* |
| Erfurt | 16 | 65 | — | — | — | 5 | 78 | 13 | 10 | — | — | 355 | *Reichardt.* |
| Gotha*) I | 1 | 1 | — | — | — | — | 4 | 1 | 0,6 | — | — | 20 | *Reichardt.* |
| Gotha*) II | 2 | 2 | — | — | — | — | 3 | 1 | 0,4 | — | — | 21 | |
| Goslar | 2 | 5 | — | — | — | 0 | 2 | Spur | 0,4 | 4,0 | — | 23 | *Schuhmacher.* |
| Heilbronn | — | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 | 168 | — | 17 | — | — | 32 | — |
| Klagenfurt | — | 96 | — | — | — | — | 76 | 33 | 12 | — | — | 226 | *Mitteregger.* |
| Luzern | Spur | Spur | 20 | — | — | 4 | — | — | 6 | — | — | — | *Stierlin.* |
| Offenbach**) I | — | — | Spur | fast 0 | 0 | 40 | — | — | — | — | — | 126 | *Petersen.* |
| Offenbach**) II | — | — | Spur | | 0 | 30 | — | — | — | — | — | 92 | |
| Plauen | — | — | — | — | — | — | 68 | — | 7 | — | — | — | — |
| Regensburg | Spur | Spur | Spur | — | — | — | 125 | Spur | 13 | 3,0 | Spur | 240 | *Braunschweiger.* |
| Salzburg***) I | — | 3 | — | — | — | 45 | 52 | 34 | 11 | 1,3 | 4,2 | 222 | *Spängler.* |
| Salzburg***) II | — | 0 | Spur | — | — | 4 | 40 | 3 | 4 | 0,1 | 1,0 | 86 | |
| Salzburg***) III | — | 21 | 15 | — | — | 95 | 98 | 28 | 14 | — | — | 381 | |
| Ulm | Spur | 1 | Spur | — | — | 4 | 125 | — | 13 | — | — | 237 | *Wacker.* |
| Wiesbaden | 4 | 1 | 1 | — | — | 3 | 7 | 5 | 1 | 1,5 | 1,9 | 42 | *Fresenius.* |
| Winterthur | — | — | — | — | — | 23 | — | — | 11 | — | — | — | *Sulzer.* |
| Würzburg | 41 | 181 | 3 | Spur | 0,6 | 3 | 211 | 40 | 30 | — | 52,1 | 742 | *Ossan* und *Wislicenus.* |
| Zittau | 3 | 7 | — | — | — | 4 | 6 | 2 | 1 | — | 6,5 | 33 | *Stein.* |

*) I. Springquelle, II. Carolusquelle.

**) I. Hainebach, II. Wildhofbach.

***) I. Geisbergquelle, II. Fürstenbergquelle, III. Städtische Brunnhausquelle.

## b) Grundwässer.

| Ort | Chlor | Schwefelsäure ($SO_3$) | Salpetersäure ($N_2O_5$) | Salpetrige Säure ($N_2O_3$) | Ammoniak | Organisches | Kalk | Magnesia | Härtegrade | Kali | Natron | Gesammtrückstand | Untersucht von |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bamberg | — | — | 0 | 0 | 0 | — | — | — | — | — | — | 3 | *Kerner.* |
| Bernburg | 54 | 117 | Spur | — | — | Spur | 52 | 72 | 15 | — | 48 | 580 | *Wackenroder.* |
| Bochum | 27 | 35 | Spur | Spur | 0 | 21 | — | — | 6 | — | — | 175 | *Hartenstein.* |
| Bonn | 76 | 42 | — | — | — | 4 | 134 | 29 | 18 | — | 121 | 558 | *Wachendorff.* |
| Crefeld | 17 | 41 | Spur | 0 | 0 | 25 | 27 | 7 | 3 | Spur | 12 | 155 | *Hoedt.* |
| Dortmund*) I | 23 | 10 | Spur | Spur | 0 | 2 | — | — | 6 | — | 20 | 154 | *Muck, Hartenstein.* |
| Dortmund*) II | 7 | 15 | Spur | Spur | 0 | 30 | — | — | 3 | — | 9 | 70 | |
| Dortmund*) III | 28 | 13 | Spur | Spur | 0 | 27 | — | — | 5 | — | 18 | 140 | |
| Dresden | 10 | 12 | 3 | 0 | 0 | 1 | 31 | 0 | 3 | — | 8 | 124 | *Schürmann.* |
| Düsseldorf**) I | — | 27 | — | — | — | 6 | 76 | — | 8 | — | — | 154 | *Mohr* und *Nienhaus.* |
| Düsseldorf**) II | 14 | 38 | 10 | 0,6 | 3,2 | 6 | 41 | 38 | 9 | — | 16 | — | *Lutz.* |
| Düsseldorf**) III | 20 | 27 | 11 | 0,5 | 3,3 | 1 | 33 | 50 | 10 | — | 21 | — | |
| Essen | 42 | 24 | Spur | Spur | 0 | 27 | — | — | 5 | — | 20 | 181 | *Hartenstein.* |
| Freiburg (Baden) | 3 | Spur | Spur | 0 | 0 | 1 | 9 | 2 | 1 | Spur | 2 | — | *Babo* und *Reichardt.* |
| Gelsenkirchen | 32 | 51 | Spur | Spur | 0 | 21 | — | — | 7 | — | — | 205 | *Hartenstein.* |
| Grünberg | — | Spur | — | — | — | Spur | — | — | 6 | — | — | 246 | *Hirsch.* |
| Halle a. S. | 45 | 50 | 0 | — | 0 | 6 | 122 | 21 | 15 | 2 | 81 | 441 | *Siewert.* |
| Hannover***) | 43 | 65 | 2 | 0 | 0 | 18 | 146 | 13 | 16 | 9 | 26 | 440 | *F. Fischer.* |
| Karlsruhe†) I | 46 | 32 | 18 | — | — | 33 | — | — | 19 | — | — | 538 | *Birnbaum* und *Weltzien.* |
| Karlsruhe†) II | 7 | 30 | 16 | — | — | — | — | — | 13 | — | — | 261 | |
| Leipzig | 9 | 2 | — | — | — | 11 | 70 | 11 | 9 | — | 18 | 229 | *Kolbe.* |
| Mühlheim a. Rh. | 23 | 44 | — | — | — | — | 75 | Spur | 8 | — | 44 | — | *Grüneberg.* |
| Strassburg i. E. | 8 | 11 | 9 | geringe Spur | geringe Spur | 2 | 97 | 26 | 13 | — | — | 258 | *Baumann.* |
| Westend Berlin | 12 | 7 | — | — | — | 60 | 169 | 4 | 17 | — | 11 | — | *Ziureck.* |
| Witten | 27 | 17 | Spur | Spur | 0 | 28 | — | — | 5 | — | — | 131 | *Hartenstein.* |

*) I. Normalwasserstand 1876, II. Hochwasser 1876, III. Mittel 1873. — **) I. Städtisches Wasserwerk, II. Alter Brunnen, III. Neuer Brunnen. — ***) Dingl. pol. J. Bd. 215. S. 517. — †) I. Hochwasserleitung, II. Rüppurer Wald.

figuration und die Beschaffenheit des Bodens, die Vertheilung des Regens auf die einzelnen Jahreszeiten.

Die Gestaltung des Terrains kommt in Betracht, weil je nach der Neigung desselben das Meteorwasser mehr an der Oberfläche abfliesst, als in den Boden eindringt.

In Hinsicht der Beschaffenheit des Bodens ist zunächst die Aufnahmefähigkeit der Oberfläche von wesentlichem Belang. Wie sehr diese Verhältnisse von Bedeutung sind, geht aus dem Unterschiede zwischen Wald und freiem Felde hervor.

Die Erfahrungen der bayerischen Forststationen vom Jahre 1868 haben dargethan, dass die absolute Menge des Sickerwassers im Walde, obgleich dessen Regenmenge um 1/4 niedriger ist, doch diejenigen des freien Feldes erreicht und selbst übertrifft, namentlich wenn der Wald eine Streudecke hat. Im Uebrigen richtet sich die Versickerung nach der Durchlässigkeit der nach dem Grundwasser führenden Bodenschichten und zeigt wie diese grosse Differenzen.

v. Möllendorf und Waege fanden in ihren 1853/54 zu Görlitz ausgeführten einjährigen Beobachtungen die Filtrationsmenge in Thon zu 28,1 %, in Lehm zu 41 %, in gemischtem Sand zu 40,5 % (A. Frühling[23]). Nach Schwartz sickern innerhalb 24 Stunden durch eine Bodenschicht von 10 cm Mächtigkeit und 10 qcm Oberfläche: durch Moor 1 ccm, Sand 5760 ccm, Lehm 1674 ccm, Thon 0,7 ccm (Soyka[9]).

Flügge (l. c.) experimentirte mit glasirten Thonröhren von 1 m Länge und 160 bis 170 qcm Querschnitt im Lichten, in welchen er künstlich zusammengesetzte Bodenproben, fest eingestampft, unter einer constanten Wasserschicht von 1 cm Höhe hielt. Das Ergebniss war

| Erdsorten | Filtrationsmenge pro Minute ccm |
|---|---|
| Reiner grober Kies | ∞ |
| Feinkörniger Sand I | 103,0 |
| " " II | 87,3 |
| Feinster Sand | 25,7 |
| 3 Thl. Sand I, 1 Thl. Lehm | 15,5 |
| 1 Thl. Kies, 2 Thl. Sand I, 1 Thl. Lehm | 7,4 |
| 1 Thl. Sand I, 1 Thl. Lehm | 2,1 |
| Reiner Thon resp. Lehm | 0 |

Die Verdunstung ist für die Ergiebigkeit unserer Bezugsquellen von nicht geringerer Bedeutung als die Versickerung; wir haben derselben schon oben gedacht.

Die Wasserversorgung, deren höchster Bedarf in die Zeit der grössten Einbusse durch Verdunstung fällt, verlangt, dass die Leistungsfähigkeit der Quellen und Brunnen eine möglichst

gleichmässige und nicht unbedingt an die Frequenz und Menge des Regens geknüpft sei. Es wird ganz auf die Gegend, die unterirdische Configuration des Wassergebietes, auf die Art der Speisung desselben, die Lage des Ortes der Entnahme, die Vegetation auf dem Regengebiete u. s. w. ankommen, ob die Niederschläge rasch oder langsam, vorübergehend oder nachhaltig auf den Wasserreichthum des Bodens wirken.

Wir finden in dieser Hinsicht grosse Unterschiede, wenn die horizontalen Zuflüsse aus dem Gebirge oder Flachland kommen, wenn z. B. das Grundwasser sich zum Theil aus den unterirdischen Abflüssen von Seen oder vom Schmelzwasser der Gletscher und schneebedeckten Häupter der Hochgebirge oder aus Waldungen speist, in welchen die atmosphärischen Niederschläge ihren Segen als Vorräthe für die trockene Jahreszeit in natürlicher Weise aufspeichern, ferner wenn das Grundwasser- oder Quellengebiet gross oder klein ist, wenn der unterirdische Abfluss nach den Bächen und Flüssen, für welche ihr Drainagegebiet gleichsam als Reservoir dient, langsam erfolgt oder durch ein starkes Gefälle des Bettes und durch Lockerheit der Erdschichten, die es durchströmt, begünstigt wird, wenn der Brunnen an tiefer Stelle im Grundwassergebiete oder an höher gelegenem Orte erbohrt ist u. dgl. mehr.

Es ist von Belang, ob sich das Grundwasser im Zustande der Ruhe oder der Bewegung im Boden befindet, ob das unterirdische Wasserbecken einem See oder Strom vergleichbar ist, und zwar ist im Allgemeinen die Bewegung auf die Ergiebigkeit sowie auf die Beschaffenheit des Wassers von bestem Einfluss.

Die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung zeigt in Anbetracht, dass ihre beiden Faktoren (Durchlässigkeit des Bodens und Gefälle der undurchlässigen Schicht) sehr variiren, oft für einen und denselben Ort grosse Unterschiede. Man trifft daher bald Brunnen, deren Wasserspiegel selbst bei tagelang fortgesetztem Pumpen mit Zuhilfenahme von Dampfkraft nur um wenige Centimeter sinken, bald Brunnen, deren Wasservorrath durch die Pumpe schon nach einer Stunde erschöpft wird, weil die Zuflüsse zum Schacht nur äusserst langsam erfolgen.

Hess[23] (S. 26) bestimmte die Geschwindigkeit des Grundwassers in der Gegend zwischen dem Fuhsekanal und der Aller, deren Boden aus reinem, ziemlich grobkörnigem Diluvialsand besteht, indem bei Hochwasser in der Aller die Zeit ermittelt wurde, innerhalb welcher das in Folge des Anschwellens des Flusses eintretende Steigen des Grund-

wassers in den vom Flusslaufe entfernter gelegenen Brunnen sich bemerkbar macht. Er fand dieselbe in einer Versuchsreihe:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| in 47 bis 140 m | Entfernung v. Flusse | 5 | Tage, | also pro Tag ca. | 10 bis 28 m |
| 351 m | „ | 17 | „ | „ | 20 m |
| 468 m | „ | 19 | „ | „ | 24 m |
| 584 m | „ | 21 | „ | „ | 28 m |

Nach Beobachtungen von Thiem[24] haben in den Alluvionen des Rheinthales oberhalb Strassburg die Grundwasserströme ein Gefälle von 0,6 auf 1000, in den Alluvionen des Lechthales oberhalb Augsburg (im Siebentischwalde) von 3 auf 1000. Der Untergrund war in beiden Fällen ein dicht geschichteter Kies mit Sand, der an Durchlässigkeit die Schichten der Münchener Hochebene durchaus nicht übertrifft. Trotz des geringen Gefälles wurden bei einer Absenkung des natürlichen Grundwasserspiegels von 0,8 m einem einzigen Brunnen in der Rheinebene 110 Liter in der Sekunde dauernd entnommen, während in der Lechebene 62,5 sl das Resultat bei 1,74 m Depression war. Annäherungsweise haben Gruner und Thiem[25] aus dem zeitlichen Verlauf der Grundwasserschwankungen die Geschwindigkeit für das Strassburger Beobachtungsfeld auf 166 m per Tag berechnet.

Auf der Strecke Deisenhofen-Aschheim (Oberbayern) wies Thiem bei einer Mächtigkeit der wasserführenden Schicht von mindestens 8 m ein Gefälle des Grundwasserstromes von durchschnittlich 3,26 auf 1000 nach.

Nach v. Fodor beträgt die Strömung des Grundwassers im natürlichen Sandboden von Budapest ca. 66 m pro 24 Stunden.

Wie sehr die Geschwindigkeit des Grundwasserlaufes gering sein kann, zeigt eine von Escher v. d. Linth und Bürkli[26] mitgetheilte Beobachtung, der zufolge dieselbe in einer Kiesschicht nur 0,7 m in 24 Stunden betrug, so dass das Wasser erst in 4 Jahren den Weg von 1 km zurücklegen würde.

Quellen bezeichnet man als continuirliche, wenn sie in Folge ihrer Speisung aus mächtigen Gebieten im Laufe der Jahreszeiten eine einigermaassen gleiche Ergiebigkeit darbieten, als periodische, wenn ihre Leistungsfähigkeit von den Witterungsverhältnissen abhängt, als intermittirende, wenn sie in Folge einer eigenartigen geognostischen Anordnung des unterirdischen Wasserbeckens sowie seines Ab- und Zuflusses von Zeit zu Zeit plötzlich versiegen und alsbald auf einmal wieder laufen.

*Temperatur.*

Das Grundwasser zeichnet sich vor den anderen Bezugsquellen der Versorgung im Allgemeinen durch eine grössere Gleichmässigkeit der Temperatur aus. Im einzelnen Falle wird der Wärmegrad bedingt sowohl durch die von der Erdoberfläche vertikal in den Boden eindringenden Wärmemengen als auch durch die Temperatur der beiden naturgemässen Componenten des Wassers unserer Brunnen, d. h. der an

Ort und Stelle versickerten atmosphärischen Niederschläge und des im unterirdischen Strome zufliessenden Grundwassers. Demnach kommen ausser den nach Tages- und Jahreszeiten wechselnden Temperaturverhältnissen an der Erdoberfläche noch eine Reihe von Faktoren hier in Betracht, so die Eigenthümlichkeiten des Bodens in wärmeökonomischer Beziehung, die Tiefe des Wasserspiegels, die Geschwindigkeit sowie die Art des Ursprungs des Grundwassers, und die Zeit, in welcher die aus der Ferne kommenden Zuflüsse zum Orte der Entnahme gelangen u. dgl. mehr. Man darf übrigens schon in Anbetracht der gewöhnlich doch sehr geringen Geschwindigkeit des Grundwassers gemeinhin annehmen, dass die Temperatur des Wassers den Wärmeverhältnissen der Erdschichten entspricht, aus welchen es entnommen wird.

Da der Boden in einer gewissen Tiefe, welche einestheils von den Temperaturbedingungen an der Erdoberfläche, anderentheils von seinem Verhalten in Bezug auf Wärmeabsorption und Ausstrahlung, Wärmecapacität und Leitungsvermögen u. s. w. abhängt, aufhört, den täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen zu folgen, wird auch das Wasser aus diesen Bodenschichten eine der mittleren Jahrestemperatur entsprechende, gleichmässige Wärme erreichen, dagegen in einer geringeren Tiefe an dem äusseren Temperaturwechsel mehr oder weniger sich betheiligen.

Dringt man von der Bodenschicht, welche keine Temperaturschwankungen mehr erkennen lässt, in das Erdinnere noch tiefer ein, so wird die Wärme höher und höher gefunden, und zwar entspricht im Durchschnitt einem Tiefergehen von 90 bis 100 Fuss (etwa 27 bis 30 m) eine Temperaturzunahme von 1° C.

In Deutschland verschwinden nach J. Müller[27] schon bei einer Tiefe von 2 Fuss (etwa 0,6 m) die täglichen Temperaturschwankungen und ungefähr in einer Tiefe von 24 m auch die jährlichen. Nach Beobachtungen, die in Brüssel in den Jahren 1834 bis 1837 angestellt worden sind, betragen die Schwankungen der Temperatur im Laufe eines Jahres

| | | |
|---|---|---|
| bei einer Tiefe von | 0,19 m . . . . . . | 13,28 °C. |
| | 0,45 m . . . . . . | 12,44 „ |
| | 0,75 m . . . . . . | 11,35 „ |
| | 1,00 m . . . . . . | 10,58 „ |
| | 1,95 m . . . . . . | 7,59 „ |
| | 3,90 m . . . . . . | 4,49 „ |
| | 7,80 m . . . . . . | 1,13 „ |

In welchem Maasse die verschiedene specifische Wärme und Leitungsfähigkeit der Bodenarten die Wärme der Erdrinde beeinflussen kann,

zeigen folgende Angaben von Versuchen, die Forbes in Edinburgh ausgeführt hat.

| Bodenart | Jährliche Temperaturschwankungen in einer Tiefe von | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1 m | 1,9 m | 3,9 m | 7,8 m |
| | ° C. | ° C. | ° C. | ° C. |
| Trapp . . . . | 10,53 | 6,61 | 3,5 | 0,80 |
| Sand . . . . . | 11,23 | 8,30 | 4,19 | 1,16 |
| Sandstein . . . | 9,58 | 7,72 | 5,22 | 2,28 |

*Unterschied zwischen Quell- und Brunnenwasser.*

Wenn man im gewöhnlichen Sprachgebrauch zwischen Quellwasser und Grund- oder Brunnenwasser unterscheidet, so kennzeichnen diese Begriffe wohl zutreffend die Art, wie das Wasser in die Erscheinung tritt, aber sie geben weder für die Entstehung noch die Zusammensetzung desselben einen bezeichnenden Ausdruck, denn die Quellen liefern wie die Brunnen Grundwasser, nur tritt das Quellwasser freiwillig zu Tage, im Gegensatz zum Brunnenwasser, das künstlich erschlossen und mit mechanischen Mitteln gehoben wird.

Es kann das Quellwasser darum sehr wohl in gleicher Weise wie das Brunnenwasser verunreinigt sein, namentlich wenn die Quellenbildung auf das eigentliche Grundwasser d. h. das auf der ersten undurchdringlichen Schicht lagernde Bodenwasser zurückzuführen ist. Gibt eine solche Quelle die Veranlassung zur Ansiedelung von Wohnstätten, so wird die mit der Zeit nicht ausbleibende Durchtränkung des Erdreichs mit Auswurfstoffen auf ihr Speisungsgebiet unter gleichartigen Bodenverhältnissen nicht anders wirken können, als auf die gegrabenen Brunnen der Wasserversorgung.

Wir finden für die Richtigkeit dieser Voraussetzung in der praktischen Erfahrung manchen lehrreichen Beleg, so werden z. B. die Quellen („Freiflüsse"), welche in München die Brunnthaler Wasserleitung speisen, in der Qualität des Wassers von manchen Brunnen der Stadt übertroffen, seit die Vorstädte Haidhausen, Giesing und Au ihren nachtheiligen Einfluss mehr und mehr auf die Bodenbeschaffenheit geltend machen.

Im Uebrigen ist freilich das Brunnenwasser häufiger als das Quellwasser verunreinigt, aber — wenn wir von der Verschiedenheit der Quellenbildung noch absehen — vorwiegend deshalb, weil man die Brunnen aus Bequemlichkeitsrücksichten nicht ausserhalb

des Wirkungsbereichs der Bewohnung des Bodens herstellt, sondern innerhalb der bebauten und bewohnten Grundstücke gräbt, ohne für den Schutz gegen die unmittelbaren Zuflüsse von Jauche genügend Sorge zu tragen oder der Nachbarschaft von Versitz-, Dünger- und Abortgruben aus dem Wege zu gehen.

Da in der Erdrinde mehr oder minder ausgebreitete, undurchdringliche Schichten zwischen das lockere Erdreich eingelagert sind, die eine unebene Configuration und eine verschiedene Neigung zur Erdachse haben können, trifft man beim Durchbohren der ersten undurchlässigen Bodenschicht und beim Tieferdringen gewöhnlich noch andere Wasseransammlungen, die einzeln oder vereinigt gleichfalls Quellen bilden können. Quellen dieser Art versprechen mitunter ein reineres Wasser als andere, allerdings nur wenn ihr Speisungsgebiet unbewohnt ist, beziehentlich wenn die Wasseradern, wo sie unter bewohntem Terrain hinwegziehen, nach oben durch eine undurchlässige Schicht vor Verunreinigung geschützt sind.

Einwände gegen die Quellenlehre. Unsere Auffassung, dass das Grundwasser und mit ihm die Quellen durch das Eindringen des Meteorwassers in den Boden entstehen, schliesst sich der, zur Zeit noch allgemein anerkannten, alten Quellenlehre an, welche Aristoteles gelehrt und Vitruv begründet hat. Ueber dieselbe sind im Laufe der Jahrhunderte wiederholt Zweifel geäussert worden, so von Seneca, Perrault, de la Hire u. A., ohne dass sie durch die erbrachten Gegenbeweise aus der praktischen Erfahrung des Gartenbaues und der Landwirthschaft hätte erschüttert werden können.

Im Jahre 1877 hat neuerdings Volger[28] die Thatsachen, auf welche die bisherige Deutung des Ursprunges der Quellen sich stützt, in Abrede gestellt, indem er glaubt, an der Hand von Beobachtungen, nach welchen die Niederschläge thatsächlich nur langsam und nicht tief in den Boden eindringen, die Unhaltbarkeit bewiesen, und mit der Behauptung, dass das Grundwasser durch Condensation von Wasserdampf aus der Grundluft entstehe, die richtige Lösung des Räthsels gefunden zu haben. Wie die älteren Gegner hat auch Volger nur lokale Bodenverhältnisse berücksichtigt und die von diesen gemachten Erfahrungen verallgemeinert, anstatt die Frage nach der Entstehung des Grundwassers in allen Theilen des Drainagegebietes zu verfolgen; mit anderen Worten, sein Gegenbeweis lässt ausser Rechnung, dass das Grundwasser unterirdischen Wasserläufen angehört, welche nicht unbedingt auf die Speisung an Ort und Stelle der Entnahme angewiesen sind.

Dass die Bodenfeuchtigkeit und ein Theil des Grundwassers aus der Verdichtung von Wasserdampf entsteht, ist eine längst bekannte Thatsache, jedoch ist dieser Faktor keineswegs von Belang, da die Condensation fast ausschliesslich auf Temperaturerniedrigung ohne Mitwirkung der Flächenattraktion beruht und die Differenz im Wassergehalt zwischen der gesättigten, aber etwas kühleren Bodenluft und der wärmeren Aussen-

luft mit ungefähr 50 bis 60 % relativer Feuchtigkeit zu gering ist, als dass grössere Mengen verdichtet werden könnten. Die Wasseraufnahme durch Flächenanziehung geht nur im völlig trockenen Boden, also eher an der Erdoberfläche als in der Tiefe vor sich (C. Flügge[29]).

Die von Volger vertretene Meinung beansprucht nicht lediglich theoretisches Interesse, vielmehr hat sie für die öffentliche Gesundheitspflege eine praktische Bedeutung, insofern mit der Behauptung einer ausschliesslichen Entstehung des Grundwassers aus der Grundluft zugleich der Ausspruch gethan worden war, dass in die tieferen Bodenschichten des Untergrundes der Städte und in das Grundwasser, die Verunreinigungen, welche die Erdoberfläche erfährt, nicht hinabgelangen. Das im Boden auf die gedachte Weise entstehende Wasser sei vielmehr „eine wahre aqua destillata, welche je nach der Beschaffenheit der leitenden und beherbergenden Schichten Spuren von deren Mineralstoffen aufnimmt, zugleich aber auch durch deren belebenden Kohlensäuregehalt einen hohen Vorzug besitzt“. Wenn nur die äussersten Vorsichtsmaassregeln in der Umgebung der Brunnen getroffen würden, habe man eine Verunreinigung derselben gar nicht zu befürchten. Ueberhaupt sei der Untergrund unserer Städte durchaus nicht so unrein, als man ihn häufig hinstellt, und wo man ihn verunreinigt finde, sei doch in Betracht zu ziehen, dass die meisten Städte auf Niederungen, auf sog. Anschwemmungsboden liegen und dass sich in diesem häufig Züge, alten Flussbetten entsprechend, finden, welche mit Moorablagerungen erfüllt sind.

Diese allzu gute Meinung vom Reinlichkeitszustande des Untergrundes unserer Städte hat in der täglichen Erfahrung schon längst eine Widerlegung gefunden. Ich will gern zugeben, dass selbst die in bewohntem Boden hergestellten Brunnen ein verhältnissmässig reines Wasser versprechen, wenn zeitig zweckmässige Vorkehrungen zur Beseitigung der Abfallstoffe getroffen worden sind. Ist aber der Boden einmal mit Stadtlauge durchtränkt, so lässt das Einstellen des Betriebes der Abort- und Versitzgruben keineswegs eine alsbaldige Besserung des Wassers erwarten. Wohl wird ein Erfolg, wenn auch ein sehr ungleichmässiger, in den einzelnen Brunnen mit der Zeit bemerkbar werden, aber bis alle Spuren des früheren Zustandes verwischt sind, können Jahre vergehen, wie die Beobachtung der Brunnen in neu kanalisirten Städten lehrt.

## Der artesische Brunnen.

Bisher wurde von uns vorwiegend das einfachste Verhältniss der Quellenbildung berührt, indem wir annahmen, dass das Grundwasser, indem es auf der ersten undurchlässigen Bodenschicht sich fortbewegt, von selbst zu Tage tritt. Wir haben aber noch den Fall näher ins Auge zu fassen, dass an einer tiefer gelegenen Stelle im Drainagegebiete eine undurchlässige Schicht sich zwischen Erdoberfläche und Grundwasser derart einschaltet, dass zwei unterirdische Wasseransammlungen über einander entstehen, von welchen auch die untere ihr Speisungsgebiet an der Erdoberfläche besitzt, jedoch höher ge-

legen und oft viele Meilen weit entfernt. Wie oben bereits erwähnt, findet man bei Bohrversuchen nicht selten mehrere solcher Grundwasseretagen über einander.

In Folge des Ursprungs in höherer Lage und der Anordnung zwischen undurchlässigen Schichten steht in den unteren Etagen das Wasser bisweilen unter einem so hohen hydrostatischen Druck, dass dasselbe — wenn es in der Quelle freiwillig ans Tageslicht kommt oder durch den Bohrer erschlossen wird — nicht nur bis zur Erdoberfläche dringt, sondern sich selbst in einem kräftigen Strahle über dieselbe erhebt und so eine Naturerscheinung darbietet, die wir im physikalischen Experimente durch Anbohren des tiefsten Punktes einer mit Wasser gefüllten communicirenden Röhre nachahmen können.

Brunnen dieser Art bezeichnet man als artesische und zwar nach der Grafschaft Artois, in welcher der erste zu Lillers (Depart. Pas de Calais) im Jahre 1126 erbohrt worden sein soll. Eigentlich stammt die Kunst, artesische Brunnen herzustellen, aus China und ist dieselbe von dort zuerst nach Russland gekommen; die Chinesen haben mit dem Bohrer Tiefen bis zu 3000 Fuss erreicht (Rossmässler).

Die artesischen Brunnen sind für wasserarme Gegenden von der grössten Wohlthat und haben an manchen Stellen Niederlassungen ermöglicht, welche ohne sie öde und wüst sein würden, so ist u. A. ihr segensreicher Einfluss an mehreren Stellen der Sahara zur Geltung gekommen, wo man auf Anregung des Generals Desvaux seit dem Jahre 1854 mit Erfolg Bohrungen ausgeführt hat.

### *Beschaffenheit.*

Das artesische Wasser zeigt im Vergleich zum Brunnenwasser vom nämlichen Orte sich noch ärmer als dieses an Sauerstoff, enthält bald mehr, bald weniger Kohlensäure und mineralische Bestandtheile, namentlich Kalk, Gyps und Kochsalz; mitunter kommen Schwefelwasserstoff und Kohlenwasserstoffe darin vor.

In Hinsicht der Qualität des Wassers darf man sich sonach nicht der Erwartung hingeben, dass dieselbe unbedingt besser sein müsse, als die des Grundwassers, weil das artesische Wasser durch die erste undurchlässige Bodenschicht gegen die Einflüsse von oben geschützt sei. So wies Schnitzer[30] nach, dass in Erlangen die Wässer von artesischen Brunnen aus ein und derselben geognostischen Formation (Keuper) in ihrer Zusammensetzung ausserordentliche Ver-

schiedenheiten zeigen und dass ihre Reinheit mit der Tiefe nicht zunimmt:

| Tiefe in Fuss | artesische Brunnen in Erlangen | 1 Liter Wasser enthält mg | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Rückstand | organ. Substanz | Kalk |
| 99 | bei Fischer auf den Werken . . . | 245 | 13 | 67 |
| 127 | bei Benker am Pohlenplatz . . . . | 128 | 9 | 49 |
| 680 | auf dem Pohlenplatz . . . . . . . | 3060 | 52 | 464 |

In München hat man bei den wenigen artesischen Bohrungen, welche überhaupt dort gemacht worden sind, schon Wasser erhalten, welches so viel Schwefelwasserstoff oder so viel Eisen enthielt, dass es nicht verwendbar war und die Bohrlöcher wieder verschlossen werden mussten[31].

Es mögen hier Analysen von guten artesischen Wässern Raum finden, welche in München für Brauereizwecke in Gebrauch sind.

| Bestandtheile | nach L. Aubry (IX. 1870) enthält 1 Liter Wasser | | nach J. Singer (1860) enthält 1 Liter Wasser | |
|---|---|---|---|---|
| | aus der Brauerei z. Spaten (G. Sedlmayr) | | artes. Brunnen d. Leistbräu-anwesens (J. Sedlmayr) 74,3 m tief | der Brunnthaler Leitung |
| | artes. Brunnen 87,6 m tief | Pumpbrunnen | | |
| | mg | mg | mg | mg |
| Rückstand . . . . . . | 240,0 | 681,0 | 335,0 | 443,0 |
| Kieselsäure . . . . . . | 14,6 | 8,4 | 12,0 | 7,0 |
| Schwefelsäure . . . . . | 6,2 | 34,8 | 13,0 | 21,0 |
| Chlor . . . . . . . . . | 0,3 | 47,8 | 13,1 | 20,0 |
| Salpetersäure . . . . . | 12,5 | 86,9 | 29,1 | 96,8 |
| Schwefelwasserstoff . . . | Spur | 0 | 0 | 0 |
| Kali . . . . . . . . . | 5,2 | 26,8 | 12,6 | 12,0 |
| Natron . . . . . . . . | 32,6 | 39,2 | 19,3 | 23,0 |
| Ammoniak . . . . . . . | 0 | Spur | 0 | 0 |
| Kalk . . . . . . . . . | 46,7 | 174,2 | 91,7 | 109,0 |
| Magnesia . . . . . . . | 24,3 | 56,0 | 31,4 | 45,0 |
| Eisenoxyd mit Thonerde . | 1,0 | 0,7 | 3,0 | 1,0 |
| Organ. Bestandtheile . . | 22,5 | 75,0 | 17,0 | 23,0 |
| Kohlensäure d. Bicarbonate | 160,6 | 309,0 | 197,4 | 186,6 |
| Halbgebundene Kohlensäure | 80,3 | 154,5 | 98,7 | 93,3 |
| Freie Kohlensäure . . . | 0 | 0 | 0 | 0 |

### *Menge.*

Die Leistungsfähigkeit der artesischen Brunnen ist aber nicht nur nach Qualität sondern auch nach Quantität des Wassers eine sehr verschiedene. Bei vielen derartigen Anlagen ist die Menge eine sehr

reichliche, bei anderen erwies sich die Ergiebigkeit so gering, dass die Mühe der Bohrung schlecht gelohnt worden war.

*Temperatur.*

Für die Temperatur des Wassers der artesischen Brunnen ist deren Tiefe maassgebend, bei einer Tiefe von mehr als ca. 24 m steigt im Verhältniss der Zunahme der Temperatur im Erdinneren auch die Wärme des Wassers. Der bekannte Brunnen von Grenelle ist 548 m tief und sein Wasser zeigt eine Wärme von 28° C.

## Die Bäche und Flüsse.

Die oberirdischen Gewässer setzen sich, wie eingangs bemerkt, aus Zuflüssen verschiedener Art zusammen, welche insgesammt mehr oder weniger geeignet sind, die Qualität des Wassers zu beeinträchtigen.

*Verunreinigung.*

Den Bächen und Flüssen können besonders die als Tagewasser zufliessenden, atmosphärischen Niederschläge und die in offenen Rinnsalen oder in Kanälen zugeleiteten Abwässer der Wohnplätze und der Gewerbe oder Fabriken viel Verunreinigung zuführen, wenn die ersteren bei der Bespülung der Erdoberfläche und der darauf befindlichen Gegenstände Bestandtheile aller Art aufgenommen und die letzteren sich mit Schwemmstoffen und löslichen Abfällen des menschlichen und thierischen Haushaltes beladen haben. Diese Componenten wechseln nach Tages- und Jahreszeiten selbst für ein und denselben Ort in ihrer Menge, sowie in der Art und Concentration des in ihnen enthaltenen Unrathes. Begreiflicherweise muss der Effekt derselben auf den Reinlichkeitszustand des Wassers auch je nach der Wassermasse und der Schwemmkraft des sie aufnehmenden Gewässers sehr ungleich ausfallen.

Von den Gewerben und Industriezweigen, welche besonders die Flussläufe verunreinigen, sind vorzugsweise die Wollfabriken, Gerbereien, Schlächtereien, Leimfabriken, Papierfabriken, Stärke- und Zuckerfabriken, Spiritusfabriken und Brauereien zu nennen; dieselben geben mehr oder weniger zu berechtigten Klagen über Unzuträglichkeiten in der gedachten Weise Anlass*).

Die Textilindustrie liefert schmutzige Abwässer beim Waschen, Walken, Färben und Drucken. In Deutschland ist es noch allgemein

*) Vgl. F. Fischer[20]).

Brauch, die Wolle am lebenden Thiere mittelst der sog. Rückenwäsche einer ersten Reinigung zu unterziehen. Man kann sich von dem Schmutz des Wassers am ehesten einen Begriff dadurch machen, dass man den Berechnungen von Schulze und Märcker und von Maumené folgt. Die ersteren berechnen, dass das Waschwasser von 100 kg Wolle wegen seines Gehaltes an Kali, Stickstoff und Phosphorsäure einen Düngerwerth von 3 bis 4 Mark besitze und glaubt Maumené 300 Liter des Wassers, welche zur Reinigung von 1000 kg Wolle gedient haben, als Material für Pottaschengewinnung mit 14,5 Mark bezahlen zu können.

Die Schafwäsche fällt indessen, trotz der durch sie entstehenden grossen Verunreinigung weniger ins Gewicht, weil sie sich nur auf einige Tage im Jahre beschränkt. Die Fabrikabwässer sind durch die verschiedenartigen Materialien (Soda, Seife, Walkerde, Leim, Schweinekoth, Schweineblut, Farbstoffe, Alaun, Weinstein u. dgl.), welche bei der Textilindustrie gebraucht werden, bedingt, indem das fertige Tuch nur den geringsten Theil derselben als Bestandtheil aufnimmt, während der Rest mit dem Abwasser entfernt wird.

Die Gerbereien, Schlächtereien und Leimfabriken verunreinigen die Flüsse und auch das Grundwasser mit thierischen Abfällen und zum Theil mit den Resten der zum Fabrikationsprocess erforderlichen Materialien.

Die Papierfabriken geben Abwässer aus der Reinigung der Lumpen und des anderen Rohmaterials ab. Die Fabrikation von Holzstoff- und Strohpapier führt den nächsten Flussläufen grosse Massen organischer Substanzen zu, welche den Anwohnern durch den Geruch ihrer fauligen Zersetzungsprodukte sehr lästig werden können.

In gleicher Weise werden beim Rösten der Lein- und Hanffaser Schmutzwässer gebildet, welche ausser Fettsäuren verschiedener Art übelriechende Gase aus der Umsetzung der in der Pflanzenfaser enthaltenen Eiweissstoffe führen. Auch diese Abwässer sind unangenehm für die Nachbarschaft.

Die Abwässer der Stärke- und Zuckerfabriken machen sich ebenso fühlbar; dieselben bieten lebhaft und massenweise wuchernden Mikroorganismen einen geeigneten Nährboden, deren Vegetationen die faulige Zersetzung begleiten beziehentlich bedingen. Es entwickeln sich unter deren Mitwirkung übelriechende Gase und insbesondere viel Schwefelwasserstoff.

Auch die Brauereien und die Spiritusfabriken können in der gedachten Weise sehr lästig sein und Abwässer liefern, welche zur Brutstätte für Pilzvegetationen werden.

Ein interessantes Beispiel für die grossartige Verunreinigung, welche die Flüsse in bevölkerten Gegenden und namentlich in Fabrikdistrikten durch Fäkalien, Haus- und Industrieabwässer unter Umständen erfahren können, hat die englische Commission für die Verhütung der Flussverunreinigung mitgetheilt; die folgenden, dem Commissionsberichte entnommenen Analysen geben die Veränderung

der Flüsse Irwell und Mersey in ihrem Laufe durch Lancashire in mg i. l an.

| Bestandtheile | Irwell | | Mersey | |
|---|---|---|---|---|
| | in der Nähe der Quellen | unterhalb Manchester | Einer der Zuflüsse | Unterhalb Stockport |
| Gelöste feste Bestandtheile | 78,0 | 558,0 | 76,2 | 395,0 |
| Organ. Kohlenstoff | 1,87 | 11,73 | 2,22 | 12,31 |
| Organ. Stickstoff | 0,25 | 3,32 | 0 | 6,01 |
| Ammoniak | 0,04 | 7,40 | 0,02 | 6,22 |
| Stickstoff in Nitraten und Nitriten | 0,21 | 7,07 | 0,21 | 0 |
| Gesammtmenge d. gebundenen Stickstoffs | 0,49 | 16,48 | 0,23 | 11,13 |
| Chlor | 11,5 | 96,30 | 9,4 | — |
| Temporäre Härte | 3,72 | 15,04 | 4,61 | 10,18 |
| Gesammthärte | 3,72 | 15,04 | 4,61 | 10,18 |
| Suspendirte Stoffe, organische | 0 | 27,1 | 0 | — |
| Suspendirte Stoffe, mineralische | 0 | 27,5 | 0 | — |

### *Selbstreinigung.*

Aber wenn auch die mit solchen Effluvien bewirkte Verunreinigung der Bäche und Flüsse an der Stelle ihrer Einmündung und in einiger Entfernung davon sich durch eine merkliche Trübung und Färbung des Wassers, durch schwimmende, zum Theil recht unappetitliche Abfälle und durch Vermehrung der löslichen Bestandtheile kund thut, vermag sich das Wasser theils in Folge von Verdünnung nach Aufnahme reinlicherer Zuflüsse, theils mit Hilfe der Flächenanziehung seitens des Flussbettes und mittelst des Oxydationsvorganges von selbst wieder zu verbessern, vorausgesetzt, dass die zufliessenden Tage- und Abwässer hinsichtlich ihrer Menge und Beschaffenheit in keinem Missverhältniss zur Wassermasse und Stromstärke des sie aufnehmenden offenen Wasserlaufes stehen.

Von dieser Selbstreinigung kann man sich zumal in Gegenden mit stark entwickelter Industrie überzeugen und gibt die Wupper dafür ein schlagendes Beispiel, indem sie trotz der enormen Verunreinigung durch Fabrikabwässer, mit der sie Elberfeld verlässt, in Opladen nach einem Laufe von wenigen Meilen schon wieder soweit klar und rein geworden ist, dass ihr Wasser selbst für die sehr difficile Türkischroth-Färberei mit Vorliebe verwendet wird.

Auch gibt u. A. das Ergebniss von Untersuchungen über die chemischen Veränderungen des Wassers der Isar, dessen Hauptmasse in 49 Bächen München durchzieht und dabei viel Abwässer, Fäkalien u. dgl. aufnimmt, einen vorzüglichen Beleg für die Selbstreinigung, wie die zahlreichen Analysen von W. v. Schelhass[32] sowie von F. Brunner und R. Emmerich[33] dargethan haben.

Wie indessen aus den schlimmen Erfahrungen und Verlegenheiten mancher Städte hervorgeht, wurde auf die selbstreinigende

Kraft, deren Existenz sich keineswegs bestreiten lässt, schon vielfach gesündigt, indem man in die Bäche und Flüsse grössere Mengen von Schmutzwässern eingeleitet hat, als dieselben zu bewältigen im Stande waren. Da das Selbstreinigungsvermögen von Bedingungen abhängt, welche theils in der Art und Menge der zufliessenden Verunreinigung theils in der Beschaffenheit der sie aufnehmenden Flussläufe liegen, darf man die Anwartschaft darauf, dass das fliessende Wasser nach Zurücklegen einer bestimmten Strecke von selbst sich verbessert und wieder genuss- und gebrauchsfähig wird, nicht etwa allgemein d. h. ohne Würdigung der besonderen Verhältnisse des einzelnen Falles ausdrücken.

Es konnte daher auch die Behauptung Letheby's, dass das Sielwasser, wenn es mit der zwanzigfachen Menge Wasser verdünnt werde, nur 2½ deutsche Meilen zu fliessen brauche, um unschädlich gemacht zu werden, von der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung bei näherer Prüfung nicht stichhaltig befunden werden. Nach E. Frankland[34] geht im Gegensatz zum Boden die Oxydation der organischen Materie des Sielwassers im freien Wasserlaufe nur äusserst langsam von Statten, selbst wenn letzteres ein grosses Volum reinen Wassers beigemischt enthält, vielmehr sei es geradezu unmöglich, den Weg zu bezeichnen, welchen ein derart verunreinigtes Wasser zurücklegen muss, damit seine organischen Bestandtheile oxydirt werden.

In kleinen und seichten stehenden Gewässern und auch in Flüssen, die wenig Strömung haben, erfahren die organischen Stoffe, wenn die Wärmeverhältnisse es gestatten, eine faulige Zersetzung, es treten in lebhafter Vegetation die Erreger und die constanten Begleiter der Fäulniss auf und kommt zur Entwicklung der charakteristischen, zum Theil stinkenden Gase. Im Gegensatz zu diesen gerathen die Wasserläufe von rascher Bewegung, sowie die grossen und tiefen Wasseransammlungen nie in Fäulniss — es sei denn an seichten Stellen ihrer Ufer.

Die Ursache dieses ungleichen Verhaltens ist endgültig noch nicht ermittelt, soviel steht nur fest, dass durch die Bewegungsvorgänge im Wasser gewisse Bedingungen der Oxydation (Verwesung) erfüllt werden, insofern sie einestheils die Aufnahme von atmosphärischer Luft begünstigen und anderentheils eine stärkere Anhäufung und Concentration der Verunreinigung hintanhalten.

Ch. Lauth konnte Pariser Kanalwasser durch Schütteln mit Luft am Faulen verhindern; die Entwicklung der in demselben enthaltenen Algen, Pilze (Penicillium) und Infusorien (Euglena, Paramecium) und mit

ihr der Zerfall der organischen Stoffe wird durch das Einleiten der Luft ungemein begünstigt und treten stinkende Gase hierbei nicht auf (F. Fischer[35]).

Paul Bert und nach ihm Horvath (1878) haben auf Grund experimenteller Erfahrungen angegeben, dass ein gewisser Grad von Bewegung dem Leben der Mikroorganismen nachtheilig, ja verderblich sei. Die seither in dieser Hinsicht bekannt gewordenen experimentellen Erfahrungen von Hansen, Reinke, H. Buchner, C. Roser, Tumas sprechen zum Theil direkt gegen die Bert-Horvath'sche Hypothese, zum Theil beschränken sie die ihr gegebene Tragweite mehr oder weniger, so dass dieselbe heutzutage auf die Praxis zum Mindesten nicht mehr mit der Schlussfolgerung übertragen werden dürfte, dass pathogene Mikroorganismen, wenn sie in bewegte Flussläufe gelangen, in Folge der Strömung des Wassers wirkungslos werden.

### *Zusammensetzung.*

Da die offenen Wasserläufe von mancherlei Zuflüssen gespeist werden, deren Wirkung mit der Entfernung vom Orte ihrer Einmündung allmählich verschwindet, und andererseits auch mit ihrem Flussbett Bestandtheile austauschen*), so erweist sich die Zusammensetzung des Bach- und Flusswassers selbst für ein und denselben Wasserlauf ungemein verschieden. Es können sonach dieselben ebenso gut ein reines Wasser als auch ein im äussersten Grade verunreinigtes fortführen.

#### a. Die Gase und die gelösten festen Bestandtheile.

Der Gasgehalt des Wassers der Bäche und Flüsse ändert sich mit deren Reinlichkeitszustand. Im reinen Wasser stehen Sauerstoff und Stickstoff nahezu im Verhältnisse der Absorptionscoefficienten, im unreinen dagegen, wenn es leicht oxydirbare organische Stoffe enthält, nimmt der Sauerstoffgehalt ab und kann selbst ganz verschwinden, die Kohlensäure wird vermehrt, während der Stickstoffgehalt geringe Schwankungen zeigt. Es ist übrigens diese Aenderung im Gasgehalte eine Erscheinung, die nicht dem Bach- und Flusswasser allein zukommt, sondern auch bei anderen Wässern beobachtet wird.

Sehr lehrreich sind in dieser Hinsicht Analysen über den wechselnden Gasgehalt, welchen die an grossen Städten vorbeifliessenden Flüsse in Folge der Einleitung von Sielwässern zeigen. Als Beispiel lasse ich Angaben von Miller über den Gasgehalt des Themsewassers bei London folgen.

---

*) „Quippe tales sunt aquae, qualis terra per quam fluunt". Plinius, Hist. nat. XXXI 4.

| Bestandtheile | Kingston | Hammersmith | Somerset House | Greenwich | Woolwich | Erith |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ccm | ccm | ccm | ccm | ccm | ccm |
| Gasgehalt von 1 Liter Wasser . . | 52,7 | — | 62,9 | 71,25 | 63,05 | 74,3 |
| Kohlensäure . . . . . . . . . . | 30,3 | — | 45,2 | 55,6 | 48,3 | 57 |
| Sauerstoff . . . . . . . . . . | 7,4 | 4,1 | 1,5 | 0,25 | 0,25 | 1,8 |
| Stickstoff . . . . . . . . . . | 15,0 | 15,1 | 16,2 | 15,4 | 14,5 | 15,5 |
| Verhältniss von Sauerstoff zu Stickstoff | 1 : 2,0 | 1 : 3,7 | 1 : 10,5 | 1 : 60,1 | 1 : 52,0 | 1 : 8,1 |

Oberhalb London, bei Kingston, ist das Verhältniss von Sauerstoff und Stickstoff noch ziemlich normal, in Folge der Einleitung von Kloakenwasser nimmt der Sauerstoff mehr und mehr ab und zeigt erst unterhalb London bei Erith wieder eine Zunahme, welche sich dem ursprünglichen Verhältniss nähert (Roscoe-Schorlemmer[36]).

Der Gehalt an Ammoniak ist im Flusswasser stets geringer als im Regenwasser. Boussingault fand in 1 cbm Regenwasser 0,79 g Ammoniak, in 1 cbm Rheinwasser bei Lautenburg im Juni 1853 nur 0,48 g und 0,17 g im October 1853; in der Seine am Pont d'Ivri hat Poggiale 0,17 g gefunden.

Wird dieser verhältnissmässig kleine Gehalt auf die Wassermasse berechnet, welche das Flussbett durchströmt, so ergeben sich kolossale Beträge, z. B. würden im Rhein bei Lautenburg im October (1853) 16 245 kg Ammoniak täglich vorbeigeflossen sein (Knapp).

Flusswasser ist in der Regel weniger hart als Quell- und Brunnenwasser, weil dasselbe in seinem Laufe durch Abdunstung von Kohlensäure einen Theil der Bicarbonate verliert, mitunter auch, weil es aus einer kalkarmen Gegend kommt.

Bezüglich der übrigen gelösten Bestandtheile des Bach- und Flusswassers soll die nebenstehende tabellarische Zusammenstellung einiger Analysen Aufschluss geben, welche den Aufzeichnungen von F. Fischer u. A. entnommen sind.

Es ist eine für die Wahl von Bezugsquellen höchst beachtenswerthe Eigenthümlichkeit der Wässer, dass ihr chemischer Bestand innerhalb der einzelnen Jahreszeiten in Folge der Abhängigkeit von den Witterungsverhältnissen grösseren oder geringeren Schwankungen unterliegt und dass im Allgemeinen je nach der Art des Wasserbezugs charakteristische Unterschiede in dieser Hinsicht zu Tage treten. Reichardt[14], welcher in Jena während der Jahre 1872 und 1873 drei verschiedene Wässer und zwar aus einer Quelle unweit der Stadt, aus einem Pumpbrunnen in der Stadt und aus der

**Flusswässer (mg i. l).**

| Fluss | Entnahme Ort | Entnahme Zeit | Rückstand | Organ. Stoffe | Chlor | Salpetersäure | Ammoniak | Schwefelsäure | Kalk | Magnesia | Härte | Untersucht von |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Embach | Dorpat | — | 215 | — | 42 | 0,6 | — | 2,2 | 56,7 | 14,7 | 7,7 | *Schmidt.* |
| Elbe | Magdeburg | XI. 1870 | 260 | 34,5 | 38,3 | 1,4 | — | 48 | 56 | 16 | 7,8 | *Reichardt.* |
| Elbe unfiltrirt | Hamburg | " | 270 | 174,5 | 29,7 | Spur | — | 24 | 67 | 7,3 | 7,7 | " |
| Elbe filtrirt | " | " | 225 | 80 | 18,5 | Spur | — | 27,5 | 50,4 | 7,3 | 6,1 | " |
| Elbe | " | 19. VII. 75 | 290 | 21 | 35,5 | 0 | 0 | 39 | 42,9 | 9 | 7,0 | *Gilbert.* |
| Elbe | " | 31. VIII. 75 | 276 | 33,2 | 54,6 | 0 | 0 | 29,5 | 47,7 | 13 | 6,6 | " |
| Elbe | " | 3. XII. 75 | 275 | 136 | 20,3 | (0,5) | 0 | 35 | 45,4 | Spur | 4,6 | *Wibel.* |
| Leine | Hannover (oberhalb) | 30. IX. 72 | — | 15,2 | 100,1 | 3,8 | 0 | 129,7 | 150,3 | 28,7 | 19,0 | *F. Fischer.* |
| Leine | Hannover (unterhalb) | 30. IX. 72 | — | 26,4 | 108,7 | 5,6 | Spur | 137,2 | 153,6 | 29,1 | 19,5 | " |
| Moldau | — | — | 66 | 9,4 | 3,5 | 0,5 | — | 5,2 | 11,3 | 4,9 | 1,8 | *Stolba.* |
| Oder | Breslau | — | 135 | 77 | 7 | 1,2 | 0,06 | 14 | 29 | 8 | 4 | *Poleck.* |
| Rhein (nied. Wasserst.) | Cöln | 21. X. 70 | 250 | 52 | 2,5 | Spur | — | 19,6 | 74,9 | 20,5 | — | *Vohl.* |
| Rhein (hoher " ) | " | 8. XI. 70 | 160 | 64 | 9,9 | Spur | — | 9,3 | 35,8 | 4,3 | — | " |
| Rhein (Frost) | " | 6. I. 71 | 245 | 3,6 | 3,7 | Spur | — | 30 | 89,4 | 24,3 | — | " |
| Saale | Jena | 30. VII. 72 | 245 | 40,1 | 6,2 | 1,1 | — | 63,5 | 89,6 | 19,1 | 11,7 | *Reichardt.* |
| Saale | " | 1. IV. 73 | 125 | 9,3 | 9,2 | 2,0 | — | 6,9 | 18 | 3,6 | 2,3 | " |
| Saale | " | 3. V. 73 | 80 | 38,8 | 9,7 | 1,9 | — | 20,6 | 33,6 | 7,3 | 4,3 | " |
| Saale | " | 26. V. 73 | 150 | 21,9 | 10,7 | 2,2 | — | 32,6 | 36,4 | 10,8 | 5,2 | " |
| Kasperlbach (Oberbayern) | Darching | III. 75 | 245 | 8,35 | Spur | Spur | 0 | 0 | — | — | — | *Wolffhügel.* |
| Kaltenbach (Oberbayern) | Thalham | " | 220 | 8,35 | Spur | Spur | 0 | 0 | — | — | — | " |
| Haidebach (Oberbayern) | " | " | 216 | Spur | 2,2 | 0,4 | 0 | 0 | — | — | — | " |
| Isar | vor München | 21. II. 75 | 219,5 | 19,4 | 1,4 | 0,5 | — | — | 80,9 | — | — | *Emmerich-Brunner.* |
| Isar | " " | 9. IV. 75 | 210 | 26,5 | 1,1 | 0,1 | — | — | 69,6 | — | — | " |
| Donau | Deggendorf | 21. II. 75 | 247 | 40,3 | 21,5 | 2,3 | — | — | 84,9 | — | — | " |
| Donau | " | 9. IV. 75 | 191 | 45,7 | 0,3 | 0,3 | — | — | 20,0 | — | — | " |
| Amper | Isareck | 21. II. 75 | 218 | 50,6 | 1,4 | 0,5 | — | — | 61,3 | — | — | " |
| Amper | " | 9. IV. 75 | 228 | 63,4 | 2 | 0,1 | — | — | 75,4 | — | — | " |
| Aar | Solothurn (oberhalb) | III. 75. | 187 | 50,5 | 3,4 | 0,43 | — | — | — | — | 6,2 | *Wolffhügel.* |
| Aar | Solothurn (unterhalb) | III. 75. | 194 | 50,5 | 3,0 | 1,28 | — | — | — | — | 7,0 | " |

Saale in laufenden Untersuchungen beobachtete, fand u. A. für die Rückstandsmenge (mg i. l) folgende Schwankungen.

| Bezugsart | 29. Juni | 30. Juli | 27. Aug. | 2. Octob. | 3. Nov. | 4. Dec. | 1. Januar | 1. Febr. | 28. Febr. | 1. April | 3. Mai | 26. Mai |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quelle . | 384 | 379 | 385 | 409 | 470 | 355 | 350 | 350 | 360 | 345 | 295 | 350 |
| Brunnen | 1757 | 1808 | 1811 | 1653 | 1600 | 1740 | 2115 | 1980 | 1933 | 2410 | 1850 | 2240 |
| Fluss . . | 235 | 245 | 241 | 298 | 312 | 135 | 175 | 240 | 115 | 125 | 80 | 150 |

Aus diesen Erfahrungen Reichardt's entnehmen wir, dass alle Wasservorräthe der Natur in ihrer chemischen Zusammensetzung von den Witterungsverhältnissen beeinflusst sind. Am stärksten erwies sich der Pumpbrunnen davon abhängig, verhältnissmässig sehr wenig die Quelle.

Uebrigens ist mit Rücksicht auf die oben erwähnten Beobachtungen von Wagner und Aubry keinesfalls aus der vorliegenden Angabe der generelle Schluss zu ziehen, dass jedes Brunnenwasser als solches in seinem Bestande stärker variirt als das Quellwasser. Bei den Flüssen hat man durchweg, wenn auch mit Unterschieden je nach der Gegend, auf grössere Schwankungen innerhalb der Jahreszeiten zu rechnen.

### b. Die ungelösten Bestandtheile.

Wie überhaupt bei der Charakteristik der Wässer kommen aber nicht sowohl die gelösten als auch die suspendirten Bestandtheile in Betracht und zwar bei den Flussläufen um so mehr, als diese durch ihren bewegten Zustand befähigt sind, Körperchen mit fortzuschwemmen, welche im stehenden Wasser vermöge ihres Gewichtes niedersinken müssen.

Nach Umpfenbach enthält das Bett kleinerer Flüsse Sinkstoffe an der Oberfläche des Wassers bei nachstehenden Geschwindigkeiten ($v_0$)

Kies von 0,026 m Durchmesser bei $v_0 = 0,942$ m p. Sekunde
" " 0,052 " " " $v_0 = 1,569$ " "
Steine von 0,00515 cbm Volum " $v_0 = 2,197$ " "
" " 0,0309 " " " $v_0 = 3,138$ " "
" " 0,0618 " " " $v_0 = 4,708$ " "

Die Durchmesser der fortgeführten Körper sind dem Quadrate der Geschwindigkeit des Wassers proportional, das Gewicht derselben wächst mit der sechsten Potenz der Wassergeschwindigkeit (E. Schmitt[37]).

Das Wasser der Bäche und Flüsse führt demgemäss immer schwebende kleinste Körperchen, zumeist unlösliche anorganische Be-

standtheile der obersten Erdschicht, welche in den Tagewässern aufgeschwemmt ihm zugeführt werden. So fand Everest (1831/32) im Ganges während der 4 Regenmonate 1943 g schwebende Theile, während der 5 Wintermonate 446 g und während der 3 Sommermonate 217 g in 1 cbm. Nach einer Beobachtung von Bischof enthielt der Rhein bei Bonn im März 1852 nach langer Trockene 17,3 g schwebende Theile im cbm, während er im März 1851 im hochgeschwollenen und trüben Zustande 205 g enthalten hatte.

Diese aufgeschwemmten Körperchen sind äusserst fein zertheilt, z. B. waren sie im Rheinwasser nicht mehr abfiltrirbar und bedurften 4 Monate zum Absetzen, sie bildeten nach dem Trocknen eine zusammengebackene Masse, welche nicht wieder aufweicht. Wir sehen in ihnen die Ursache der ins Grüne und Gelbe ziehenden Farbe des Flusswassers, soweit diese nicht, wie in Wässern aus Torfmooren, von organischen Stoffen herrührt (Knapp[12]).

### *Menge.*

Der Wasserstand der Bäche und Flüsse ist ein schwankender, da er selbst von wechselnden Grössen abhängt und zwar von der Ausdehnung und Gestalt des Quellen- und Entwässerungsgebietes, von der Vertheilung und Menge der atmosphärischen Niederschläge, von der Verdunstung, von der Fähigkeit des Bodens im Quellengebiet, das Wasser aufzuspeichern und allmählich abzugeben. In gleicher Weise ist die Wassermasse, welche in der Zeiteinheit das Stromprofil durchfliesst, entsprechend ihrer Abhängigkeit vom Wasserstande eine ungleiche.

Der Neckar hat z. B. bei mittlerem Wasserstand oberhalb Mannheim eine Geschwindigkeit von 0,9, bei hohem von 3 m i. d. Sekunde und darüber; zu Heidelberg führt er bei kleinstem Wasser 32,4, bei Mittelwasser 202,5, und bei grösstem Hochwasser 4860 Sek. cbm.

Nach Franzius (vgl. E. Schmitt[37] S. 227) führen die deutschen Flüsse pro Quadratkilometer Zuflussgebiet in der Sekunde folgende Wassermengen (cbm):

| Gegend | bei kleinstem Wasser | bei grösstem Wasser | Verhältniss beider | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| nahe bei den Quellen in gebirgiger Gegend (nicht Gletscher) | 0,002—0,004 | 0,35—0,60 | 1:150 | Grosser Niederschlag, rascher u. vollkommener Abfluss |
| in bergiger oder steiler hügeliger Gegend | 0,002 | 0,18—0,23 | 1:90 | Mässiger Niederschlag, rascher Abfluss |

| Gegend | bei kleinstem Wasser | bei grösstem Wasser | Verhältniss beider | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|
| in nicht steiler hügeliger Gegend | 0,018 | 0,12—0,18 | 1 : 75 | Mässiger Niederschlag, langsamer, unvollkommener Abfluss |
| in flacher Gegend | 0,0016 | 0,06—0,12 | 1 : 50 | Kleiner Niederschlag, langsamer, unvollkommener Abfluss |
| in flacher, sandiger oder mooriger Gegend | 0,0012—0,0015 | 0,035—0,06 | 1 : 35 | Kleiner Niederschlag, grossentheils absorbirt |

### *Temperatur.*

Im Allgemeinen folgt die Temperatur des Bach- und Flusswassers den Wärmeschwankungen der Luft und lässt deshalb weitgehende Differenzen im Laufe des Jahres erkennen. Reichardt hat das Ergebniss von vergleichenden Temperaturbeobachtungen, die er mit den erwähnten Analysen über die Variationen des chemischen Bestandes im Jahre 1872/73 zu Jena ausführte, in folgenden Zahlen mitgetheilt.

| Bezugsquelle | Temperatur | | | |
|---|---|---|---|---|
| | höchste | niedrigste | Differenz | Mittel |
| | °C | °C | °C | °C |
| Quelle (1/2 Stunde von Jena) . . . | 10,8 | 9,5 | 1,3 | 10,3 |
| Fluss (Saale in Jena) . . . . . . . | 18,9 | 1,4 | 17,5 | 10,3 |
| Brunnen (in Jena) . . . . . . . . | 11,0 | 6,4 | 3,6 | 9,0 |

Ausser von der Temperatur der Luft ist aber das Bach- und Flusswasser auch noch von der Temperatur seiner Zuflüsse wesentlich abhängig, und zeichnet sich aus diesem Grunde beispielsweise das Wasser der Gletscherbäche durch seine Frische in der heissen Jahreszeit vor jedem anderen aus. In der Temperatur des einzelnen Baches oder Flusses bestehen Unterschiede sowohl an den verschiedenen Stellen seines Laufes, als auch in verschiedener Tiefe, und zwar ist sie an der Oberfläche ungleichmässiger als in der Tiefe.

## Die Teiche und Landseen.

Wo das oberflächlich abfliessende Meteorwasser, anstatt zu den offenen Rinnsalen der Bäche und Flüsse, in Vertiefungen der Erd-

oberfläche gelangt, entstehen Wasseransammlungen, welche je nach ihrer Ausdehnung Teiche oder Seen genannt werden. Ausser von den Zuflüssen der atmosphärischen Niederschläge werden diese Wasserbecken auch von Quellen, Bächen und selbst Flüssen mitunter gespeist.

Bildet ein Fluss den See, so geht er entweder ganz in demselben auf oder durchfliesst nur das Seebecken, welches gleichsam eine grosse Vertiefung und Erweiterung des Flussbettes vorstellt. Im ersteren Fall hat der See einen oder mehrere Zuflüsse aber keinen Abfluss, so dass der Verlust durch Verdunstung dieser Einnahme gleichen Schritt halten muss.

Wenn ein Teich oder See durch das Entspringen von Quellen in einem kesselförmigen Becken der Erdoberfläche entsteht, so wird er je nach der Ergiebigkeit dieser unsichtbaren Zuflüsse eines Ablaufes bedürfen oder nicht, dagegen ist bei den vorwiegend aus atmosphärischen Niederschlägen gebildeten Wasseransammlungen weder ein Zufluss noch ein Abfluss sichtbar. Die letzteren sind gewöhnlich klein und seicht, sie hängen in ihrem Wasserstand ganz und gar von den Witterungsverhältnissen ab und neigen zur Sumpfbildung.

### *Zusammensetzung.*

Schon wegen dieser verschiedenen Entstehungsweise ist der chemische Bestand des Teich- und Seewassers ein durchaus ungleicher und wechselnder. Es wird daher auch hier die Verwerthbarkeit für die Wasserversorgung nur von Fall zu Fall zu beurtheilen sein. Ueberdies fällt dabei noch sehr ins Gewicht, ob die Wasseransammlung Zuflüsse von häuslichen, gewerblichen und landwirthschaftlichen Abwässern erfährt.

Die überantworteten Verunreinigungen werden aber gleichfalls, wie bei den Wasserläufen, die Qualität mehr oder weniger beeinträchtigen, je nach ihrer Art und Menge und der Wassermasse, welche sie aufnimmt, ferner nach Maassgabe der Entfernung vom Orte ihrer Einmündung, der Strömungsverhältnisse, dem Vorhandensein von Ab- und Zuflüssen u. s. w.

Das Wasser des Gérardmersees in den Vogesen ist fast ganz frei von mineralischen Substanzen (Braconnot), das Wasser des Starnberger Sees bei München enthält 50,2 mg (Mendius), das des Rachelsees im Böhmerwald 69,9 mg (Johnson), das des Züricher Sees, bei niedrigstem Stande im Januar und bei 3,5$^0$ C., 139,5 mg (Moldenhauer) festen Rückstand im Liter (Knapp).

In der nachstehenden Tabelle gebe ich nach Berichten von Veitmeyer[38] und Bischoff[39] in vergleichender Zusammenstellung einige

| | Tiefbrunnenwasser | | Wasser aus Flüssen | | | Wasser aus Seen im Vergleich zu Wasser aus Bohrlöchern in nächster Nähe. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Tegelersee | | Müggelsee | | Langensee (Dahme) | |
| | Berlin, Ackerstrasse 96a | Lichterfelde, Cadettenhaus | Spree vor Berlin (a. d. engl. Werken) | Spree zwischen Spandau und Charlottenburg | Havel unter Spandau am Lindwerder | See | Versuchs-Brunnen | See | Bohrloch | See | Bohrloch |
| Abdampf-Rückstand . . mg | 330,0 | 127,6 | 174,6 | 209,8 | 220,6 | 188,3 | 231,7 | 151,7 | 160,7 | 170,5 | 222,0 |
| Oxydirt Kaliumpermanganat = | 4,7 | 1,8 | 31,6 | 61,9 | 32,9 | 12,9 | 3,8 | 22,8 | 3,8 | 36,0 | 10,1 |
| Glühverlust. . . . . . . . | — | — | 16,8 | 25,5 | 22,8 | 13,6 | 15,2 | 20,2 | 15,4 | 20,3 | 8,2 |
| Chlor . . . . . . . . . | 7,34 | 5,33 | 15,7 | 20,8 | 18,5 | 12,6 | 21,5 | 10,2 | 10,4 | 16,0 | 22,8 |
| Salpetersäure . . . . . mg | — | — | 2,9 | 2,3 | 1,5 | 2,1 | 5,4 | 2,0 | 1,0 | 0,4 | 0,6 |
| Ammoniak . . . . . . . = | kaum Spur | kaum Spur | 1,9 | 3,3 | 3,5 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 0,4 | 2,0 | 2,4 |
| Schwefelsäure . . . . . . = | 0 | 13,5 | 11,4 | 14,7 | 15,2 | 10,2 | 17,7 | 20,8 | 8,0 | 12,4 | 8,9 |
| Eisenoxyd und Thonerde . = | Spur | kaum Spur | 0,3 | 1,1 | 1,4 | 1,3 | 0,7 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 3,6 |
| Kalk . . . . . . . . . . = | 150,1 | 54,0 | 51,5 | 57,6 | 68,4 | 63,5 | 84,3 | 44,1 | 53,5 | 49,9 | 77,1 |
| Magnesia . . . . . . . = | 10,3 | 1,8 | 4,5 | 6,1 | 8,3 | 8,1 | 6,8 | 3,7 | 8,1 | 7,2 | 8,3 |
| Härtegrad . . . . . . . . | 16,8 | 5,7 | 5,8 | 6,7 | 8,0 | 7,5 | 9,4 | 4,9 | 6,5 | 6,0 | 8,9 |
| Kohlensäure . . . . . mg | — | — | 44,4 | 49,7 | 57,5 | 56,1 | 61,5 | 29,4 | 44,2 | 42,9 | 63,5 |
| Gase, Kohlensäure . . . ccm | — | — | 2,96 | 5,91 | 4,56 | 2,74 | 1,79 | 1,94 | 7,71 | 2,20 | 10,58 |
| = Sauerstoff . . . . . = | — | — | 5,47 | 1,37 | 3,63 | 9,63 | 2,96 | 9,06 | 3,71 | 5,80 | 0 |
| = Stickstoff . . . . . = | — | — | 12,92 | 12,52 | 13,13 | 18,64 | 17,86 | 17,12 | 17,48 | 14,14 | — |
| Tiefe des Spiegels . . . m | 78—96 | 30,8 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Tag der Entnahme . . . . | 16. XI. 78 | 14. XI. 78 | 24. VII. 69 | 23. VII. 69 | 28. V. 69 | 26. II. 69 | 26. II. 69 | 22. III. 69 | 22. III. 69 | 7. VI. 69 | 7. VI. 69 |
| Analytiker . . . . . . . . | Bischoff | Bischoff | Finkener | Finkener | Finkener | Finkener | Finkener | Finkener | Finkener | Finkener | Finkener |

Analysen*) von Grund-, Fluss- und Seewasser aus ein und derselben Gegend (Berlin und Umgebung). Dieselbe illustrirt die charakteristischen Abweichungen im Wasser der genannten Bezugsquellen, ohne dass es einer näheren Erörterung derselben bedarf.

### *Menge.*

Das Wasserquantum, welches die Teiche und Seen für den Versorgungszweck zur Verfügung stellen, hängt ganz und gar von der Art ihrer Entstehung und von der Leistungsfähigkeit der Zuflüsse ab. Der Wasserstand zeigt fortwährende Schwankungen und steht nahezu unter den gleichen Einflüssen wie bei den Bächen und Flüssen.

### *Temperatur.*

In gleicher Weise unterliegt die Temperatur den für das Flusswasser namhaft gemachten Bedingungen. Wegen ihrer grösseren Tiefe bieten die Seen nicht selten die Möglichkeit dar, aus ihnen ein in der Temperatur wenig schwankendes, frisches Wasser für die Versorgung zu entnehmen. So berichtet Thiem in seinem Projekt für die Stadt München über folgende Beobachtungen bezüglich der Temperaturverhältnisse im Starnberger See:

| Tiefe unter Wasserspiegel | Datum der Messungen | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 29. VI. | 3. VIII. | 18. VIII. | 23. IX. |
| m | ° C. | ° C. | ° C. | ° C. |
| 0 | 16,8 | 20,15 | 21,00 | 15,05 |
| 5 | 14,6 | 18,95 | 19,25 | 13,40 |
| 10 | 9,1 | 14,05 | 13,20 | 12,85 |
| 15 | 6,7 | 9,2 | 8,20 | 9,85 |
| 20 | 5,5 | 7,35 | 6,75 | 7,81 |
| 25 | 5,0 | 6,05 | 5,95 | 6,72 |
| 30 | 5,0 | 5,7 | 5,85 | 6,19 |
| 35 | — | — | — | 5,60 |
| 40 | — | — | — | 5,13 |

## Die Meere.

Im Kreislaufe des Wassers werden den Meeren durch ihre unermesslichen Zuflüsse, von welchen die einmündenden Flüsse nach einer Schätzung von Muncke allein eine Wassermenge von 75 Kubik-

*) Die Bestandtheile sind auf mg, beziehentlich die Gase auf ccm im Liter Wasser berechnet. — Die grossen Abweichungen im Befund der Kaliumpermanganat-Oxydation erklären sich zum Theil aus einer Ungleichheit in dem angewandten Verfahren der beiden Beobachter.

meilen im Jahre ausmachen, feste Bestandtheile zugeführt, deren es sich durch den Verdunstungsprocess nicht wieder entledigen kann. Wenn wir erwägen, dass diese Einnahme ohne Ausgabe schon seit Aeonen ununterbrochen statt hat, mag dieselbe uns einen plausibelen Grund dafür abgeben, dass das Meerwasser sich durch einen hohen Salzgehalt und durch einen salzigen und bitteren Geschmack auszeichnet.

Unter den Bestandtheilen herrscht das Kochsalz vor; neben ihm sind in geringer Menge vorhanden Chloride, Sulfate und Carbonate von Magnesium und Calcium, Natriumsulfat, Spuren von Brom und Jod sowie nur wenig Kaliverbindungen.

Wahrscheinlich in Folge der ungleichen Verdunstung ist im Meerwasser der Salzgehalt in verschiedenen Längen- und Breitegraden ungleich, derselbe nimmt mit der Tiefe zu, dagegen wird er in der Nähe der Einmündung starker Zuflüsse von Süsswasser geringer. Da mit dem Salzgehalt das specifische Gewicht variirt, welches im Allgemeinen d. h. abgesehen von den Abweichungen an der Küste zwischen 1,026 und 1,029 schwankt, konnte Davy (1847) dasselbe an der Küste von Guyana in verschiedener Entfernung von George-Town in folgenden Abstufungen finden:

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| engl. Meilen | 0 | 0,25 | 11 | 19 | 27 | 35 | 43 | 71 | 80 |
| spec. Gewicht | 1,0036 | 1,0991 | 1,0210 | 1,0236 | 1,0249 | 1,0236 | 1,0249 | 1,0258 | 1,0266. |

Das Meerwasser enthält verhältnissmässig wenig Ammoniak, Nitrate und Nitrite und stickstoffhaltige organische Stoffe. Indessen gilt dies nicht für die Verhältnisse am Strande, in Häfen, wo Abwässer und Unrath in reichlichen Mengen hineingelangen. Wenn an solchen Stellen das Meer ruhig ist, gehen namentlich in den Tropen die organischen Stoffe leicht in Fäulniss über und verpesten durch ihre Zersetzungsprodukte die Luft.

Ueber den Gasgehalt des Meerwassers liegen mehrere Beobachtungen vor, so fand Hunter im atlantischen Ocean durch zahlreiche Analysen nur 22 bis 29 und einmal 35 ccm Gas im Liter, welches Ergebniss dem Befunde von Pisani am Wasser aus dem Bosporus ähnlich war; Pisani hatte einmal 23,99 ccm Gas im Liter erhalten, das andere Mal 22,27 ccm bestehend aus:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kohlensäure | 33,22 | . | resp. | . | 27,10 vol. % |
| Sauerstoff | 21,00 | . | = | . | 24,20 = |
| Stickstoff | 45,78 | . | = | . | 48,70 = |

Den Gehalt an mineralischen Bestandtheilen erfahren wir aus der nachstehenden, bei F. Fischer entnommenen Zusammenstellung von Analysen des Wassers aus verschiedenen Meeren.

| Meer | Specifisches Gewicht | Gramm im Liter | | | | | | | | | | Analytiker |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Gesammt-rückstand | Chlornatrium | Chlorkalium | Chlor-magnesium | Kohlensaures Calcium | Kohlensaures Magnesium | Schwefelsaures Magnesium | Schwefelsaures Kalium | Schwefelsaures Calcium | Bromnatrium | |
| Atlant. Ocean | 1,0244 | 35,59 | 27,56 | — | 3,33 | — | — | 0,61 | 1,72 | 2,05 | 0,33 | *v. Bibra.* |
| Nordsee . . . | — | 34,40 | 25,53 | 1,31 | 3,80 | — | — | 1,77 | — | 1,62 | 0,37 | *v. Bibra.* |
| Stiller Ocean | 1,0264 | 35,23 | 25,89 | — | 4,88 | — | — | 1,12 | 1,42 | 1,62 | 0,31 | *v. Bibra.* |
| Mittelmeer . | 1,0258 | 37,65 | 29,42 | 0,51 | 3,22 | 0,11 | — | 2,48 | — | 1,36 | 0,56 | *Usiglio.* |
| Ostsee . . . . | 1,0047 | 6,67 | 5,15 | 0,07 | 0,65 | 0,5 | 0,10 | 0,35 | — | 0,28 | Spur | *Sasz.* |

Das Meerwasser ist wegen seines Geschmackes und seiner Wirkung zum Trinken nicht ohne Weiteres geeignet. Um es geniessbar zu machen, wird es auf Schiffen der Destillation unterworfen und das destillirte Wasser unter Zufuhr von Luft und eventuell auch von geringen Mengen löslicher mineralischen Bestandtheile schmackhaft und genussfähig gemacht. Für die Wasserversorgung im Grossen kann das Meerwasser nicht in Frage kommen.

---

**Literatur.** 1) F. Fischer, Chem. Technologie d. Wassers. Braunschweig 1880. S. 75 u. ff. — 2) R. Angus Smith, Air and rain. London 1872. Jahresb. d. Chemie 1851, S. 649; 1858, S. 107. — 3) E. A. Rossmässler, Das Wasser. 3. Aufl. Leipzig 1875. — 4) E. Ebermayer, Beobachtungsergebnisse d. bayer. Forststationen, und Die physikal. Einwirkung des Waldes auf Luft u. Boden. Aschaffenburg-Berlin 1873; vgl. auch Lorenz v. Liburnau, Wald, Klima u. Wasser. München 1878. (Naturkräfte, Bd. 29); Lorenz u. Rothe, Lehrb. d. Klimatologie, Wien 1874; Th. v. Gohren, Boden und Atmosphäre, Sep.-Abdr. aus „Die Agricultur-Chemie“. Leipzig 1877. — 5) G. von Möllendorf, Die Regenverhältnisse Deutschlands. Görlitz 1862. — 6) J. van Bebber, Regentafeln für Deutschland. Kaiserslautern 1876. — 7) F. Koenig, Anlage und Ausführung von Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe, Leipzig 1878. — 8) Rivers pollution commission, I. Report 1868; Reinigung und Entwässerung Berlins, Anhang I, S. 126. Berlin 1871. — 9) J. Soyka, Ueber den Einfluss des Bodens auf d. Zersetzung d. organ. Substanzen, Zeitschr. f. Biologie 1878, XIV S. 449, und Real-Encyklopädie der Heilkunde, Artikel „Boden“. — 10) J. v. Fodor, Boden und Wasser. Braunschweig 1882. — 11) F. Hofmann, Die Wasserversorgung zu Leipzig. Leipzig 1877. — 12) F. Knapp, Lehrb. d. chem. Technologie, 3. Aufl. Braunschweig 1865. — 13) P. Stühlen, Ingenieur-Kalender 1882. — 14) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Halle a. S. 1880. — 15) F. Pfaff, Ueber Brunnen und deren Verunreinigung durch Kloaken. Erlangen 1864. — 16) G. Wolffhügel, Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Strassenkanäle etc. Zeitschrift für Biologie 1875, XI, S. 459. — 17) C. Flügge, Die Bedeutung von Trinkwasseruntersuchungen für die Hygiene, Zeitschr. für Biologie 1877, XIII, S. 425. — 18) R. Wagner, Zeitschrift f. Biologie 1866 u. 1867, II, S. 289 und III, S. 86. — 19) L. Aubry, Zeitschr. f. Biologie 1870 u. 1873, VI, S. 285 und IX, S. 145. — 20) F. Fischer, Die Verwerthung der städtischen und Industrie-Abfallstoffe. Leipzig 1875. — 21) E. Egger, I. u. II. Jahresbericht der Untersuchungs-Station des hygienischen Instituts zu München. — 22) F. Goppelsroeder. Zur Infection des Bodens und des Bodenwassers. Basel 1872. — 23) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, Bd. III, der Wasserbau, Leipzig 1879, S. 18. — 24) Thiem,

Die Wasserversorgung der Stadt München, Vorprojekt. München 1876. — 25) Gruner u. Thiem, Vorprojekt zu einer Wasserversorgung v. Strassburg. Strassburg 1875, S. 60. — 26) A. Escher v. d. Linth und A. Bürkli, Die Wasserverhältnisse d. Stadt Zürich u. ihrer Umgebung. Zürich 1871. S. 31. — 27) J. Müller, Lehrb. d. kosmischen Physik. 4. Aufl. Braunschweig 1875. S. 559 u. 561. — 28) O. Volger, Die wissenschaftliche Lösung der Wasserfrage. Frankfurt a/M. 1877. — 29) C. Flügge, Lehrbuch d. hygien. Untersuch.-Methoden. Leipzig 1881. S. 210. — 30) Schnitzer, Die Hydrographie der Stadt Erlangen. Erlangen 1872. — 31) G. Wolffhügel, Ueber die neue Wasserversorgung der Stadt München. München 1876. — 32) W. v. Schelhass, Ueber die Reinigung von Städten im Allgemeinen mit Berücksichtigung der Verhältnisse Münchens, bayerisches Industrie- u. Gewerbe-Blatt. Märzheft 1877. — 33) F. Brunner u. R. Emmerich, Die chemischen Veränderungen des Isarwassers während seines Laufes durch München, Zeitschrift f. Biologie 1878, XIV, S. 190. — 34) E. Frankland, Ueber Trinkwasser, bei A. W. Hofmann, Bericht über die Entwickelung der chem. Industrie. Braunschweig 1875. Hft. 1. — 35) F. Fischer, Die menschlichen Abfallstoffe. D. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1881. XIII. Suppl. — 36) E. Roscoe und C. Schorlemmer, Ausführliches Lehrb. d. Chemie. Braunschweig 1877, S. 205. — 37) Handbuch der Ingenieurwissenschaften, III. Bd., Der Wasserbau. Leipzig 1879. S. 232. — 38) L. A. Veitmeyer, Vorarbeiten zu einer Wasserversorgung der Stadt Berlin. 1871. — 39) C. Bischoff, Bericht über die Untersuchung der Tegeler Wasserwerke. Berlin 1879.

---

## ZWEITES CAPITEL.

# Zweck der Wasserversorgung.

### Wasser und Kultur.

Die Bedeutung des Wassers als unentbehrliches Lebensbedürfniss für den Menschen sowie für die Thiere und Pflanzen, von welchen er sich nährt, ist der nächste Grund für das allseitige Verlangen nach demselben. Frühzeitig findet das Interesse für die Versorgung eine Förderung durch Ansprüche, welche wir als eine Aeusserung der Kulturentwicklung zu erachten haben; desgleichen macht mit der Zeit auch die Erkenntniss des sanitären Werthes des Wassers ihren Einfluss geltend.

So lange der Mensch noch auf einer niederen Stufe der Kultur steht, braucht er für seine Person nur so viel Wasser, als zur Ernährung und Erfrischung sowie zur Befriedigung eines noch geringen Reinlichkeitsbedürfnisses unbedingt erforderlich ist. Selbst seine Anforderungen an die Reinheit des ihm dargebotenen Wassers sind anfänglich bescheidener Art, wenn er auch bei freier Wahl sich instinktiv zur reineren Bezugsquelle wendet. Mit der Entwicklung des Sinnes für Reinlichkeit mehren sich die Ansprüche

sowohl in Hinsicht der Menge als auch der Beschaffenheit. Diese naturgemässe Steigerung des Bedarfes an Wasser zum Lebensunterhalt geht in dem kulturgeschichtlichen Leben eines Volkes nur ganz allmählich vor sich, sie erstreckt sich oft auf Jahrhunderte.

Während dieser Zeit kommt eine zweite, nicht minder wichtige Bestimmung des Wassers zur Geltung, indem dasselbe als gewinnbringende Naturkraft, welche sich in vielen der entstandenen Berufsarten, für unzählige Zwecke des täglichen Lebens nutzbar machen lässt, mehr und mehr anerkannt und vielseitig, auch in den anderen Aggregatformen, als Eis und Dampf, angewandt wird. Der Mensch zeigt in seiner zunehmenden Vervollkommnung, dass er zu Höherem als zu dem Verbrauch seiner Körperkraft in rein mechanischen Leistungen, wie zum Betrieb von maschinellem Geräthe berufen ist; er erfindet Maschinen, lässt dieselben vom Wasser treiben und ersinnt mancherlei Constructionen zu deren Betrieb, vom einfachsten Wasserrad bis zum vollkommensten Wassermotor und der Dampfmaschine, durch welche die bewegende Kraft des Wassers beziehentlich seines Dampfes an Stelle der menschlichen Arbeitskräfte segensreich ausgenützt wird.

So entwickelt sich ein zunehmender Verbrauch von Nutzwasser, bis derselbe um das Mehrfache die zur Deckung des persönlichen Bedarfes erforderliche Wassermenge übersteigt, zumal Gewerbe und Industrie dem Uebergange zur Anwendung von Maschinen alsbald eine Zunahme der Produktionsfähigkeit und einen hohen Aufschwung verdanken. Dieselben beanspruchen aber nicht sowohl reichliche Mengen, sondern stellen zum Theil auch grosse Ansprüche an die Reinheit, welche keineswegs hinter den Anforderungen an die Qualität des zum Lebensunterhalt erforderlichen Wassers zurückstehen.

Dieses Nutz- oder Brauchwasser für die Gewerbe erweist sich nicht minder unentbehrlich als das Wasser zum Trink- und Hausbedarf, oft drängt die Erkenntniss seiner Bedeutung unbemerkt und mit besserem Erfolg zur Anlage einer Wasserversorgung als das Interesse, welches dem öffentlichen Wohl in gesundheitlicher Beziehung zu Theil wird.

Mit dem gedeihlichen Erstehen der Gewerbe und der Industrie, mit dem Erblühen der Landwirthschaft kehrt Wohlstand im Volke ein, der nach und nach in einer Verfeinerung der Sitten und grösseren Behaglichkeit der Einrichtungen in Haus und Hof sowie im öffentlichen Leben zum Ausdruck kommt. Das Wohnhaus wird geräumiger angelegt, die Vorkehrungen zur Reinhaltung werden bequemer eingerichtet, man sorgt für laufende Brunnen auf

der Strasse, in den Häusern und selbst in allen Stockwerken, lässt Bade- und Waschanstalten für den privaten und öffentlichen Gebrauch herstellen, trifft besondere Vorrichtungen zur Besprengung der Strassen, Spülung der Rinnsteine und Strassenkanäle u. s. w.

Von den Einrichtungen zur Reinhaltung der Wohnstätten wollen wir nur der Spülung der Aborte mit Wasser eine geschichtliche Bemerkung widmen. Das Wassercloset in seiner heutigen Gestalt ist englischen Ursprungs, jedoch lassen sich die ersten Spuren der Wasserspülung in einer sehr frühen Zeit im Alterthum schon nachweisen. Man nimmt an, dass schon die alten asiatischen Völker ihren Gebrauch gekannt haben. Dieselbe wurde noch vor der Kaiserzeit nach Rom verpflanzt und hier, wie auch später in Konstantinopel und anderen Städten des Südens vielfach angewandt.

Im alten Rom hatte man sogar schon öffentliche Aborte dieser Art; zur Zeit des Diocletian gab es deren 144. Dieselben waren vom Staate errichtet und an Leute verpachtet, welche für die Benutzung eine bestimmte Gebühr erheben durften.

Diese Latrinen standen mit unterirdischen Abzügen in Verbindung, welche die Abwässer den nächsten Flussläufen zuführten. Die vom Könige Tarquinius Priscus zum Zweck der Entsumpfung des Forums („weil die niedrigsten Gegenden das Wasser nicht leicht abführten“, Livius) erbaute Cloaca maxima wurde von Tarquinius Superbus durch ergänzende Bauten auch für die Beseitigung der Abfallstoffe eingerichtet. Marcus Agrippa erweiterte das Kanalsystem und vervollkommnete dasselbe durch Einleitung von 7 Bächen zur Abschwemmung des Unraths aus den Häusern und von den Strassen nach dem Tiber (Kaftan). Das Princip der Schwemmkanalisation stammt sonach nicht erst aus unserer Zeit.

Es ist wohl begreiflich, dass solche Vorkehrungen für die Beseitigung der Abwässer, für die Entwässerung der Städte, zeitlich nahe mit den Einrichtungen der Wasserversorgung, der Bewässerung, zusammentreffen, denn beide sind nicht nur integrirende Theile der Städtereinigung, sondern können auch ohne einander nicht bestehen, weil das Vorhandensein der einen Einrichtung die Ausführung der anderen mit zwingender Nothwendigkeit erfordert.

---

Auf die Zunahme des Wasserverbrauchs wirkt nicht minder die fortschreitende Entwicklung des Sinnes für das Schöne. Wir finden denn auch bei der Mehrzahl der Kulturvölker, dass es denselben mit der Zeit zum Bedürfniss geworden war, mit Gartenanlagen und Wasserkünsten Auge und Herz zu erfreuen und zu erquicken.

Unter den genannten Einflüssen kann der zunehmende Wasserverbrauch eine an Verschwendung grenzende Höhe erreichen.

Die Zeit, innerhalb welcher die stetige Mehrung des Wasser-

bedarfs in den einzelnen Gemeinden vor sich geht, ist entsprechend der Verschiedenartigkeit der örtlichen Verhältnisse und der Entwicklungsbedingungen sehr ungleich.

Nach Frontinus (Commentar, Cap. 4) hatten sich die Römer von der Gründung der Stadt an 441 Jahre hindurch mit dem Gebrauche des Wassers begnügt, welches sie aus dem Tiber, aus Brunnen oder aus Quellen schöpften. Etwa 400 Jahre nach Anlage der ersten Wasserleitung besass die Stadt deren schon 7 und war freilich der Wasserverbrauch bis zur Vergeudung gediehen; zur Zeit Constantin's hatte Rom 34 Wasserleitungen.

## Wasserversorgung und Gesundheitspflege.

Wo nicht schon die Religion oder Ethik dem Volke das Bestreben zur Erhaltung der Gesundheit eingibt, entwickelt sich mit dem Wachsthum des Wohlstandes durch Aufblühen von Ackerbau, Gewerbe und Handel mindestens eine Einsicht für den wirthschaftlichen Werth derselben. Nichtsdestoweniger ist es fraglich, ob die alten Kulturvölker, deren Wasserversorgungen man als grossartige sanitäre Werke einer frühen Zeit zu bewundern gewohnt ist, ihre Wasserleitungen, wie wir dies heutzutage thun, in der bewussten Absicht gebaut haben, der Gesundheit damit einen Dienst zu leisten.

Zur Begrenzung des Einflusses, welchen die Gesundheitspflege auf die Entstehung derartiger Einrichtungen ausgeübt hat und noch ausübt, würde eine Verständigung darüber erwünscht sein, ob man an den Begriff „Gesundheitspflege“ unbedingt das Merkmal einer zielbewussten Thätigkeit knüpfen soll oder darunter auch jedes, selbst instinktive Handeln verstehen darf, welches der Gesundheit des Einzelnen oder der Gemeinschaft zu Gute kommt. Ich erachte zwar die erstere Auffassung für die sachgemässere, muss indessen zugestehen, dass die Angaben der nur in Fragmenten uns überlieferten Geschichte des öffentlichen Gesundheitswesens längstvergangener Zeiten das für eine solche Unterscheidung erforderliche Material nicht darbieten.

Die religiösen Gebräuche und die Sitten der Alten, welche von ihnen Waschungen und Bäder verlangten, lassen wohl vermuthen, dass frühzeitig der Werth des Wassers für die Erhaltung der Gesundheit, wenn auch nicht allgemein, so doch jenen, welche solche Vorschriften oder ein gutes Beispiel in dieser Hinsicht dem Volke gegeben hatten, ins Bewusstsein getreten war. Im Uebrigen mag doch das bei einigen alten Kulturvölkern stark ausgeprägte Bedürf-

niss nach möglichster Reinhaltung des Körpers und seiner Umgebung sich von selbst — zum Theil als ein natürliches, durch klimatische Verhältnisse bedingtes, zum Theil als ein durch hohe Gesittung und ästhetische Bestrebung hervorgerufenes — eingestellt haben, ohne dass dasselbe im Dienste der Gesundheitspflege speciell zur Aeusserung gekommen wäre.

Das Verlangen nach einem reinen, klaren und farblosen Wasser für den eigenen Bedarf hat sich beim Menschen wahrscheinlich rein instinktiv früher ausgebildet, als ihn Erfahrungen über eine gesundheitsschädliche Wirkung des unreinen Wassers dazu bestimmten.

Eine hohe Entwicklung des Reinlichkeitssinnes zeigten die Aegypter, das älteste Volk, von welchem hierüber theils in der Bibel, theils bei griechischen Autoren geschichtliche Nachrichten vorliegen. Nach Herodot übten die ägyptischen Priester mit Bädern und Waschungen eine fast übertriebene Reinlichkeit am Körper, in der Kleidung und an ihren Geräthen.

Für die Israeliten hat Moses in seiner Gesetzgebung manche Maassregeln aus Aegypten in die alte Heimath mit hinübergenommen, welchen wir einen sanitären Werth beimessen dürfen. Zu diesen gehören auch die vielen Bestimmungen bezüglich der Anwendung des Wassers zum Zwecke der Reinlichkeit. Später in den talmudischen Schriften, welche den Juden häufiges Baden und sonstige Pflege der Haut empfehlen, spricht sich die Erkenntniss der diätetischen Bedeutung solcher Lebensregeln klar aus (Magnus).

Die Aerzte der alten Inder haben das Wasser, und vor Allem das des Ganges, als Heilmittel hochgeschätzt, wie schon die Risveda, die älteste Urkunde der indischen Medicin, in ihren Segenssprüchen bekundet. Andererseits erblickten sie im Wasser ein Element, das durch ungleichmässige oder verkehrte Wirkung die Gesundheit schädigen könne. Auch schlechte Kleidung, unreine Wohnungen u. dgl. fassten sie als Schädlichkeiten auf.

Bei den Griechen wird schon von der Mythe dem Wasser ein hygienischer Werth zuerkannt, indem sie Herkules als den Erfinder der warmen Bäder nennt und von ihm erzählt, dass er durch Eindämmung des Flusses Alpheios, welcher zu Ueberschwemmung und Sumpfbildung neigte, Elis von einer Seuche befreit habe. Die Dichter sangen das Lob des Wassers und bis auf unsere Tage ist Pindar's *τὸ ἄριστον μὲν ὕδωρ* ein beliebtes Schlagwort der Freunde dieser Gabe der Natur geblieben.

Noch ehe die griechischen Aerzte die Beziehungen des Wassers zur Gesundheit gelehrt hatten, ist schon die Fürsorge der grossen Gesetzgeber auf die Wasserversorgung gerichtet gewesen, sowohl Lykurg als auch Solon waren auf die Beschaffung eines reinen Wassers bedacht. Die Stadt Samos hatte bereits zu Zeiten Herodot's eine Quellwasserleitung mit einem Kanal von nahezu 1 m Breite und einem Tunnel von 1,6 km Länge (Baas).

Die griechischen Aerzte der knidischen Schule zählten den Genuss eines schlechten Wassers zu den Krankheitsursachen. Noch mehr spricht

sich bei Hippokrates der Glauben aus, dass durch schlechtes Trinkwasser Krankheiten entstehen; namentlich hält er Sumpfwasser und hartes Wasser für gesundheitsschädlich.

Andererseits wurde von ihm dem guten Trinkwasser ein Werth für die Förderung der Gesundheit zuerkannt: so begünstige das Wasser der nach Osten gelegenen Quellen das gesunde Aussehen, die Geistesstärke, die Klarheit der Stimme, die Rüstigkeit und Fruchtbarkeit.

Nicht minder schätzten die alten griechischen Aerzte das Baden und die Reinlichkeitspflege als Mittel zur Erhaltung der Gesundheit.

Entsprechend dieser Erkenntniss der sanitären Bedeutung des Wassers erachteten sowohl Plato als Aristoteles die Beschaffung eines guten Wassers als eine wesentliche Bedingung für die Erhaltung der Gesundheit einer Bevölkerung und als eine wichtige Aufgabe der staatlichen, beziehentlich gemeindlichen Fürsorge (Silberschlag).

Die Einsicht des diätetischen Werthes des Wassers ist denn auch im Volke zum Bewusstsein gekommen und bethätigte sich, zumal als dessen Kultur am höchsten stand, im Weiteren durch die Anlage von zahlreichen Badeanstalten verschiedener Art. In früheren Zeiten hatten die Griechen das Warmwasserbad allerdings als Verweichlichung und Luxus verworfen und sich auf das kalte Bad in Flüssen u. s. w. beschränkt.

Den Römern genügte Jahrhunderte lang das Wasser des Tibers, es diente zum Trink- und Hausgebrauch, sowie als Nutzwasser für die Gewerbe und die Zwecke des öffentlichen Lebens, auch badete man sich im Flusse in der Nähe des Marsfeldes. In der späteren Zeit galt das Wasser des Tibers zum Trinkgebrauch nicht mehr als gesund.

Die erste Wasserleitung in Rom, die Aqua Appia Claudia (313 v. Chr.), fällt in eine Zeit, zu welcher man auf das ärztliche Wissen noch sehr wenig gab. Freilich haben die späteren Schriftsteller Roms, wie Plinius u. A., bei Beurtheilung der grossen Wasserwerke der Stadt, die hohe Bedeutung derselben für die Gesundheit nicht verkannt. Aber es muss dahin gestellt bleiben, ob man zum Bau der Wasserleitungen vorwiegend im Interesse der öffentlichen Gesundheit geschritten ist.

Wahrscheinlich hat die Fürsorge für das leibliche Wohl des Volkes dabei nur eine nebensächliche Rolle gespielt. Dies gilt insbesondere für die später angelegten Leitungen, deren Erbauer zu gutem Theil ein grösseres Interesse für die Volksgunst als für das öffentliche Wohl dabei an den Tag gelegt haben. Die geschichtliche Thatsache, dass man sich in Rom durch solche Einrichtungen die Gewogenheit des Volkes erwerben und erhalten konnte, zeugt aber immerhin einigermaassen dafür, dass bei den Römern das Bedürfniss nach reichlichen Mengen Wassers für die Zwecke der Reinlichkeit früh entwickelt war.

Vielleicht war es anfangs vorwiegend der Reinlichkeitssinn, welcher dazu gedrängt hat, aus der Ferne Wasser zuzuleiten, nachdem der Tiber durch die Abwässer der Stadt mehr und mehr verunreinigt und zum Gebrauch nicht mehr einladend war.

Indessen haben keineswegs, wie vielfach irrthümlich angenommen wird, sich alle römischen Wasserleitungen durch das herrlichste Quellwasser oder durch ein reines Wasser überhaupt ausgezeichnet. Nach Frontinus, Belgrand und anderen Autoren, welche über die römischen

Wasserwerke berichtet haben, steht es fest, dass der grössere Theil des der Stadt zugeleiteten Wassers aus Fluss- oder Seewasser bestand, welches besonders beim Eintreten auch nur unbedeutender Regengüsse trübe und lehmig war.*) Plinius d. A. hat zwar die römischen Wasserwerke als Weltwunder bezeichnet, nichtsdestoweniger liest man bei ihm, dass das Brunnenwasser das beste aller Wässer in Rom und dass dessen Gebrauch in der Stadt allgemein ist (Grahn, Gill).

Die grösste Bedeutung gewann die Wasserversorgung im alten Rom für die Bäder. Als sich der Tiber wegen zunehmender Verunreinigung zum Baden nicht mehr eignete, wurde ausserhalb der Stadt ein von der Aqua Appia Claudia gespeistes, riesiges Wasserbecken als Volksbad angelegt.

Später überkamen die Römer die Sitte des warmen Bades aus Griechenland. Das Erstehen neuer Wasserleitungen in den folgenden Jahrhunderten vermehrte die Zahl der Einrichtungen zu warmen und kalten Bädern in hohem Maasse und besass zu Constantin's Zeiten die Stadt 15 Thermen und 856 Volksbäder. Die gesundheitliche Bedeutung des Badens war mit der Zeit zum vollen Bewusstsein gekommen, so dass Plinius sagen konnte, dass Rom sechs Jahrhunderte hindurch keines Arztes als des Bades bedurft habe.

Die alten Deutschen, unsere Vorfahren, haben nach den Berichten des Tacitus, Julius Cäsar u. A. dem Bade einen hohen Werth beigelegt, indessen das Baden in Flüssen den künstlichen Badegelegenheiten vorgezogen. Wasserleitungen wurden, wie es scheint, zuerst von den Römern auf ihren Eroberungszügen in Deutschland erbaut.

Im Mittelalter waren zumeist in den Städten und selbst in Dörfern öffentliche Badeanstalten, wenn auch in primitiver Einrichtung, geboten und dieselben unter obrigkeitlicher Aufsicht gehalten; im Jahre 1489 zählte z. B. die kleine Stadt Ulm 168 städtische Badestuben. Mit der Zeit musste das Badewesen seitens der Behörden in Folge der überhand nehmenden Unsittlichkeit beschränkt werden und gerieth mehr und mehr in Verfall, erst gegen Ende des vorigen Jahrhunderts kam es wieder in Aufnahme (Marggraff).

Entsprechend den geringen Mitteln, über welche die Städte in Deutschland verfügten, waren dieselben zumeist auf die Versorgung mit Wasser aus dicht bei den Wohnstätten gegrabenen Brunnen angewiesen oder man führte aus Rohrleitungen von Holz oder Thon, mitunter auch in gemauerten Kanälen, aus nahe gelegenen Quellen dem Orte Wasser zu und liess es in Bottiche sich frei ergiessen.

Wo aus praktischen Bedürfnissen z. B. für Brauereizwecke, eine grössere Menge Wasser nöthig war, vereinigten sich die Gewerbetreibenden zu Genossenschaften, welche mechanische Vorrichtungen, z. B. Pumpwerke mit Wasserradbetrieb, anlegten, und das Wasser nach den einzelnen Verbrauchsstellen in Leitungen vertheilten. Die Chroniken des 15. und 16. Jahrhunderts erwähnen solche sog. Pumpenbrüder-Genossenschaften.

---

*) P. Schmick hebt hervor, dass die Mehrzahl der römischen Aquädukte Quellwasser zugeführt hatten und dass das zugeleitete Fluss- und Seewasser nur zu den Naumachien bestimmt war.

In jener Zeit wurden auch vielfach Leitungen für Wasserkünste in Parkanlagen eingerichtet.

Erst in unserem Jahrhundert und besonders in der zweiten Hälfte desselben begann in den deutschen Städten sich eine rege Thätigkeit und Fürsorge auf dem Gebiete der Wasserversorgung zu entfalten (Grahn).

Wenn nun auch die Geschichte des Gesundheitswesens uns einen bestimmten Aufschluss in Hinsicht der Frage versagt, ob und in welchem Maasse schon ein Verständniss für den sanitären Werth des Wassers auf die Entstehung der ersten Wasserleitungen von Einfluss war, so lässt dieselbe doch erkennen, dass die Alten ihrem Interesse für das Wasser mit der Zeit auch gesundheitliche Erwägungen zu Grunde gelegt haben. Aber keinesfalls war es die Gesundheitspflege allein, was in frühesten Zeiten schon dazu führte, die Wohnplätze mit gutem Wasser reichlich zu versorgen.

Die Wasserversorgung unserer Städte, wie dieselbe von der Gesundheitslehre heutzutage befürwortet wird, ist dadurch ausgezeichnet, dass sie dem Bedarf einer grossen Anzahl von Familien, einer ganzen Gemeinde, durch Anlage von gemeinsamen Wasserwerken, welche Trink- und Nutzwasser in gleicher Güte liefern, Genüge zu leisten sucht. Sie ist nicht vorherrschend auf die Beschaffung eines vorzüglichen Trinkwassers gerichtet, vielmehr zielt sie, in der Absicht den Wasserverbrauch im Interesse der Reinhalhaltung am Körper und in der Umgebung über das Maass des eigentlichen Lebensbedürfnisses zu steigern, auch darauf ab, den Bewohnern das Wasser im reichlichsten Maasse und in bequemster Weise ins Haus und in die einzelnen Stockwerke zu führen.

Aber selbst in unsrer Zeit, in der die grösseren Gemeinden mit ihren sanitären Bestrebungen erfreulicher Weise wetteifern und die Wasserversorgung als ein wichtiges Glied ihrer Assanirungsaufgaben erachten, darf nicht ausschliesslich das Interesse für die Erhaltung und Stärkung der Gesundheit zur Triebfeder werden, denn es haben, besonders wo man gegenüber bestehenden Einrichtungen höhere Ansprüche erhebt und die Zuleitung reichlicher Mengen eines besseren Wassers verlangt, die Interessen des praktischen Lebens und die ästhetischen Rücksichten bei der Entscheidung über die Art der Anlage und des Betriebs von Wasserwerken ebenso sehr ins Gewicht zu fallen als das sanitäre Wohl.

Nichtsdestoweniger besteht die Neigung, bei Erörterung der Bedürfnissfrage in den Gemeinden vorweg die sanitäre Bedeutung des Wassers und namentlich des Trinkwassers als dringendsten Beweggrund zur Geltung zu bringen und die anderen Faktoren wenig oder

gar nicht in Rechnung zu ziehen. Dieser Fehler in der Begründung ist nicht etwa als gleichgültig zu erachten, denn selbst wenn auch der Zweck nach Qualität und Quantität zur Genüge erreicht würde, so werden doch Hoffnungen bezüglich Verbesserung der Gesundheitsverhältnisse wachgerufen, welche mitunter nicht in Erfüllung gehen.

Aber nicht selten wird auch das angestrebte Ziel in Folge der einseitigen Darlegung des Zweckes der Versorgung unvollkommen erreicht, es wird die neue Anlage nur in einem Umfange bewilligt, dass sie den scheinbar höheren Ansprüchen des Trink- und Küchengebrauchs genügt, jedoch den übrigen Wasserbedarf auf höchst mangelhafte und unreinliche Bezugsquellen verweist.

---

**Literatur.** B. M. Lersch, Geschichte der Balneologie, Hydrologie und Pegologie. Würzburg 1863. — H. Haeser, Lehrbuch der Geschichte der Medicin. 3. Bearbeitung. Jena 1875. — Magnus, Einige die Hygiene und Pathologie betreffende Aussprüche aus den talmudischen Schriften. Deutsches Archiv der Geschichte der Medicin 1880. 3. Bd. S. 269. — J. H. Baas, Grundriss d. Geschichte der Medicin. Stuttgart 1876. — H. Baas, Zur Geschichte der öffentl. Hygiene. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1879. XI. 325. — J. Uffelmann, Die öffentl. Gesundheitspflege im alten Rom. Virchow-Holtzendorff'sche Vorträge 1880. XV. Serie. — C. Silberschlag, Die Aufgaben des Staates in Bezug auf die Heilkunde und öffentl. Gesundheitspflege. Berlin 1875. — Sextus Frontinus, Commentarius de aquaeductibus urbis Romae. Deutsch von A. Dederich. 1844. — E. Grahn, Die städtische Wasserversorgung; geschichtliche Einleitung. München 1877; und Erwiderung auf P. Schmick's Kritik. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1879. XI. S. 282. — P. Schmick, Besprechung von Grahn's städt. Wasserversorgung. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1878. X. S. 636, ferner Wochenschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1882. Nr. 5. — Marggraff, Badewesen u. Badetechnik der Vergangenheit. Virchow-Holtzendorff'sche Vorträge 1881. XVI. Serie. — Reulcaux, Ueber das Wasser in seiner Bedeutung für die Völkerwohlfahrt. Berlin 1871. — J. Kaftan, Reinigung und Entwässerung der Städte. Wien 1880.

---

## DRITTES CAPITEL.

# Wasser und Gesundheit.

### Das Wasser als Nahrungs- und Genussmittel.*)

Das Trinkwasser ist eine wesentliche Lebensbedingung für alle Organismen, Thiere und Pflanzen, insbesondere für den Menschen ein nicht zu ersetzender Nahrungsstoff und ein vorzügliches Genussmittel.[1])

*) Vgl. dieses Handbuch I. Thl. Abthlg. 1: Ernährung (Forster), S. 55.

### *Bedarf an Trinkwasser.*

Das Wasser bildet einen wichtigen Gewebsbestandtheil des menschlichen und thierischen Körpers, dessen einzelne Organe damit durchtränkt, beziehentlich darin aufgequollen sind. Die Lebensäusserungen des Organismus, so die Thätigkeit des Gehirns, die Leitung der Nerven, die Bewegungsvorgänge der Muskeln und des Skelets könnten ohne eine Durchfeuchtung der Organe nicht vor sich gehen. Die Aufnahme der Nahrung, die Wirkung der Verdauungsfermente, die Vertheilung der Nahrungsstoffe und deren Zuleitung vom Verdauungsapparat nach den entferntesten Körpergegenden, sowie die Beseitigung der Rückstände und die Ausgabe der Zersetzungsprodukte erfordern unbedingt die Vermittelung des Wassers.

Die Einführung von Wasser in den Magen und die Wiederausscheidung durch Haut und Lungen, sowie durch Harn und Koth trägt in ergiebiger Weise zur Entwärmung des Körpers bei; allein die Verdunstung von der Haut und den Athemwegen übernimmt nahezu den vierten Theil der Wärmeabgabe.

Der Wassergehalt des Körpers und seiner Organe ist individuell verschieden, er schwankt überdies je nach dem Ernährungszustand und Alter. Ein schlechtgenährter Organismus ist reicher an Wasser als ein wohlgenährter, in der Kindheit und im Alter ist der Körper wässriger als in den mittleren Lebensjahren. Der gesammte Wassergehalt des Körpers eines ausgewachsenen Menschen beträgt etwa 63 %, ein Erwachsener von 60 kg Gewicht schliesst also etwa 38 kg Wasser und 22 kg trockene Theile ein (C. v. Voit[1]).

Es ist der Wassergehalt der Organe von so wesentlichem Belang für deren Funktionsfähigkeit, dass er nur geringe Schwankungen erleiden darf. Das sich alsbald einstellende Durstgefühl mahnt zur Deckung der durch Secretionen und Excretionen geschehenen Ausgaben, welchen stets eine Wasseraufnahme durch Speise oder Trank folgen muss, damit der Körper auf seinem Bestande erhalten wird. Für die Verluste findet er in jener Bildung von Wasser, welche im Organismus selbst durch die Verbrennung des Wasserstoffs der organischen Verbindungen vor sich geht, keinen genügenden Ersatz, da dieselbe nur 16 % des Gesammtverlustes beträgt (C. v. Voit).

Die Grösse der Wasserausgaben unterliegt breiten Schwankungen, so dass aus ihr ein bestimmter Aufschluss über das unbedingte Maass der zur Gesunderhaltung des Körpers erforderlichen Zufuhr nicht entnommen werden kann.

Pettenkofer und Voit fanden bei einem Manne von mittlerer Er-

nährung die tägliche Gesammtausgabe bei Ruhe zu 2253 g, bei Arbeit zu 2959 g, was 5 bis 6 % vom gesammten Wassergehalt des Körpers entspricht.

Forster[2] hat in 4 Beobachtungsreihen an arbeitenden Menschen, welche in München unter normalen Lebensbedingungen, ohne an einen reichlichen Genuss von Getränken gewohnt zu sein, verschiedenen Berufsverhältnissen angehörten, die tägliche Wasseraufnahme in Speise und Trank bei mässiger Körperarbeit zu ungefähr 2200 bis 3500 g gefunden und zwar im Durchschnitt zu 2946 g Wasser (einschliesslich 1312 g Bier) in 3581 g der ganzen Kostmenge.

Da die Speisen an sich schon viel Wasser enthalten, findet die Wasserzufuhr nur zum Theil in Getränken statt. Das frische Fleisch hat so viel Wasser, dass manche fleischfressenden Thiere damit den Wasserbedarf ihres Körpers schon decken; der Wassergehalt des frischen Rindfleisches beträgt 75,9, der des gesottenen nur mehr 44,3 %, der des gebratenen Kalbfleisches 66,4 %, des fetten Schweinebratens 50,6 % (C. v. Voit), das Weizen- und Roggenbrod enthält 39 bis 44 %, Gemüse und Obst 75 bis 90 %, Milch 87 bis 90 %, Bier und Wein 86 bis 90 % Wasser (König).

Grössere Schwankungen zeigt der Wassergehalt der Kost, da derselbe je nach Art und Zubereitung der Speisen und je nach der Menge und Beschaffenheit des in derselben vertretenen Getränkes variirt. In der täglichen Gesammt-Nahrungsaufnahme des Erwachsenen, welche 2½ bis 4 kg beträgt, sind 80 bis 88 %, also 2 bis 3,5 kg Wasser enthalten; nach Abzug des Getränkes (Kaffee, Thee, Bier, Wein u. dgl.) fällt an Speisen 2 bis 2½ kg mit einem Wassergehalt von etwa 75 %, so dass durch diese schon zwischen 1,5 bis 1,9 kg Wasser in den Körper täglich eingeführt werden.

Da nun die mittlere Wasserausscheidung auf 2,5 kg zu veranschlagen ist, welcher Verlust, um den Körper auf seinem Bestand zu erhalten, wieder ersetzt werden muss, so bleibt nach Abzug des mit den Speisen dem Körper zugeführten Wassers nur ein verhältnissmässig kleiner Rest zur Deckung mit Trinkwasser übrig, vorausgesetzt, dass es nicht — wie von Vielen — vorgezogen wird, den Durst mit anderen Getränken zu stillen, beziehentlich das Verlangen nach einem flüssigen Genussmittel, mit Bier, Wein, Kaffee, Thee u. dgl. zu befriedigen.

Der Bedarf an Wasser zum Trinken ist sonach ein geringer. Trotzdem nimmt derselbe, wo es gilt, die menschlichen Wohnplätze mit Wasser zu versorgen, eine so hervorragende Stellung ein, dass man gemeinhin nur von Trinkwasser-Versorgung spricht. Diese Bevorzugung, welche dem Trinkgebrauch gegenüber

den anderen Zwecken der Wasserversorgung zu Theil wird, kommt daher, dass lange Zeit nur dieser für die Anforderungen an die Reinheit des Wassers den Ausschlag gab.

*Beschaffenheit des Trinkwassers.*

Das Wasser, welches wir trinken, muss derart beschaffen sein, dass es uns schmeckt und unserer Gesundheit zuträglich ist. Dazu bedarf es eines gewissen Gehaltes an gasförmigen und an mineralischen Bestandtheilen, es muss frei sein von Riechstoffen und vorherrschend schmeckenden Körpern, es soll farblos, klar und frei von nicht gelösten Stoffen sein und eine erfrischende Temperatur haben.

Der physiologische Bedarf könnte an sich ebensowohl gedeckt werden durch ein geschmackloses destillirtes Wasser, aber, um mit C. v. Voit zu reden, „es gehört zur Aufnahme und Verdauung der Nahrung mehr als ein einfaches Verschlucken der zur Erhaltung des Organismus nöthigen Substanzen“. Ein Trinkwasser von der Armuth an Gasen und mineralischen Stoffen, welche das gewöhnliche destillirte Wasser zeigt, kann uns nicht befriedigen, da ihm der Wohlgeschmack fehlt, es würde im Gegentheil bei Manchem Uebelbefinden und Druck im Magen erregen.

Andererseits hat aber auch der Mensch einen natürlichen Widerwillen gegen ein Trinkwasser, welches nicht den Eindruck der Reinheit macht. Das gleichsam instinktmässige Begehren nach einer reinen Beschaffenheit des Wassers ist ein natürliches Schutzmittel gegen Schädlichkeiten, welche das Wasser in Folge von Verunreinigung in sich schliessen kann; „der Anblick der Trübung im Wasser wirkt durch ein angeborenes Gemeingefühl auf unsere Geschmacksvorstellung, welches sich wahrscheinlich aus der Erfahrung entwickelt hat, dass hie und da eine Trübung auch durch schädliche Stoffe z. B. durch kleine niedere Organismen bedingt sein kann, die unserer Gesundheit schaden“ (v. Pettenkofer[3)]).

Die Anforderung, dass das Wasser, mit welchem die Gemeinden sich versorgen, rein und wohlschmeckend sei, ist indessen auch durch das Bedürfniss angezeigt, dass das Trinkwasser, soweit dies möglich ist, in sein Recht als billiges und dem Körper zuträgliches Genussmittel eingesetzt werde, durch dessen Beschaffung in vorzüglicher Qualität sich einer ungerechtfertigten Bevorzugung anderer Getränke entgegentreten lässt.

Die einzelnen Bestandtheile des reinen Wassers haben nur zum Theil eine Bedeutung in Hinsicht des Wohlgeschmacks und der Zuträglichkeit.

### a) Die gasförmigen Bestandtheile.

Freie Kohlensäure wird von Vielen noch als eine unerlässliche Bedingung der Güte des Wassers angesehen. Es ist nicht zu leugnen, dass dieselbe geschmacksverbessernd wirkt, aber andererseits ist doch wiederholt durch Analysen festgestellt worden, dass manche tadellos schmeckende Wässer Kohlensäure nur in gebundenem Zustande enthalten und dadurch keineswegs minder verdaulich als andere sind.

Ueber eine physiologische Bedeutung des Sauerstoff- und Stickstoffgehaltes im Wasser ist nichts bekannt. Man darf diese Gase als solche sowohl in Hinsicht des Geschmackes als auch der Wirkung für indifferent erachten.

Alle anderen Gase, wie Schwefelwasserstoff, Kohlenwasserstoffe u. dgl. sind schon wegen ihres widerlichen Geruches oder Geschmackes zu beanstanden.

### b) Die gelösten mineralischen Stoffe.

Manche anorganische Bestandtheile des Wassers, so das Kochsalz, die Carbonate von Kalk gehören zu den Lebensbedürfnissen des menschlichen Körpers, jedoch lässt sich daraus noch nicht, wie es von verschiedenen Autoren geschehen ist, die Nothwendigkeit ableiten, dass das Trinkwasser solche mineralische Stoffe enthält, denn der Bedarf an denselben wird schon durch die festen Nahrungsmittel in genügender Weise gedeckt.

Ein geringer Gehalt an diesen Bestandtheilen ist jedoch aus Rücksichten des Geschmackes immerhin erwünscht. In gleicher Weise sind übrigens auch die hauptsächlich aus der Mineralisirung von organischen Verunreinigungen hervorgehenden Nitrate — wie man annimmt, durch eine erfrischende Wirkung — geeignet, zur Verbesserung des Geschmackes beizutragen (O. Reich[9]).

Man sagt, dass die Härte des Wassers, der Gehalt an Salzen der Erdalkalien, im Geschmacke fühlbar sei, und glaubt, dass der Mensch, wo ihm die Wahl zwischen Wässern von verschiedener Härte gelassen ist, unbewusst ein Wasser wählt, welches eine mässige oder gar eine geringe Härte hat. Für extreme Verhältnisse mag diese Annahme richtig sein.

### c) Die gelösten organischen Stoffe.

Das reine Wasser enthält organische Bestandtheile nur in sehr geringer Menge. Für deren Vorhandensein im Wasser liegt weder

in Hinsicht des Wohlgeschmackes noch der Zuträglichkeit ein Bedürfniss vor.

### d) Geruch und Geschmack.

Das zum Versorgungszweck geeignete Wasser ist geruchlos. Beimengungen von Riechstoffen werden leicht durch den Geruchsinn erkannt.

Das Wasser soll weder fade noch vorherrschend nach irgend einem der normalen Wasserbestandtheile schmecken, noch soll der Geschmack an fremdartige Beimengungen erinnern.

Uebrigens werden von den Organen des Geruchs und Geschmacks nur gewisse Verunreinigungen, z. B. Schwefelwasserstoff, wahrgenommen und auch erkannt, während andere unter Umständen sogar Wohlgeschmack vortäuschen können.

### e) Farbe und Klarheit.

In Schichten von 1 bis 2 m ist das Wasser farblos, dagegen zeigt dasselbe in einer Schicht von 3 m und darüber eine blaue Farbe (z. B. in Gebirgsseen). Je nachdem durch Verunreinigung färbende Bestandtheile dem Wasser beigemengt sind, tritt auch in kleineren Schichten eine Färbung auf oder es geht die natürliche blaue Farbe der dicken Schichten in eine Mischfarbe über, so in Grün aus Gelb und Blau.

Das Auftreten einer Färbung des Wassers mit suspendirten Theilen geht mit einer Trübung desselben Hand in Hand, wie jene kann die Trübung bedingt sein, durch mineralische, organische und organisirte Stoffe. Es sind oft dem Gewichte und Volumen nach verhältnissmässig sehr geringe Beimengungen, welche das Wasser schon trübe machen, wenige Milligramm Lehm im Liter lassen dasselbe schon getrübt erscheinen.

### f) Temperatur.

Die Temperatur des Wassers ist bedingt durch die Wärme der Bahnen, welche dasselbe vor der Entnahme durchlaufen hat.

Für den Trinkgebrauch gibt man in den gemässigten Klimaten einem Wasser den Vorzug, dessen Temperatur sich wenig im Verlauf der Jahreszeiten ändert und der mittleren Jahrestemperatur des Verbrauchsortes, die in Deutschland zwischen 6 und 12° C. beträgt, sich nähert. Man kommt durch diese Forderung auf eine Norm von 7 bis 11° C, welche im Allgemeinen gerechtfertigt ist, wenn auch der gesunde Mensch zumeist ein um einige Grade kälteres oder wärmeres Wasser ($5\frac{1}{2}$° C bis 15° C) gut erträgt.

Dass die Temperatur keine zu hohe sei, ist nicht nur im Interesse des Wohlgeschmackes, des Eindruckes der Frische sehr erwünscht, sondern auch in Hinsicht der Bedeutung des Wassers als Mittel zur Abkühlung des Körpers ein wesentliches Erforderniss. Andererseits erscheint es geboten, das Wasser nicht allzu kalt geniessen zu lassen, weil dadurch, wie überhaupt durch einen kalten Trunk nachtheilige Wirkungen auf den Magen und den Gesammtorganismus hervorgerufen werden können.

Seitens der Gesundheitspflege verdient die Temperatur noch in der Hinsicht eine besondere Beachtung, dass das Verlangen nach Erfrischung durch das Wasser mächtiger ist als alle Warnungen vor Gefahr für die Gesundheit. So ist es in Städten, welche der Bevölkerung zwischen einem Leitungswasser, das zwar rein, aber im Sommer zu warm, im Winter zu kalt ist, und einem verdächtigen aber gleichmässig frischen Brunnenwasser noch die Wahl lassen, eine alte, stets wiederkehrende Erfahrung, dass man das letztere, namentlich in der heissen Jahreszeit, allgemein bevorzugt.

Freilich sind wir nicht überall in der glücklichen Lage, das Wasser zu allen Jahreszeiten innerhalb der als wünschenswerth bezeichneten Temperaturgrenze zu erhalten. Aber es besteht noch die Möglichkeit, auf künstlichem Wege die Wärme des Wassers, wenn auch meistens nur im einzelnen Haushalte, zu regeln. Die Behauptung, dass dem Wasser durch eine Abkühlung bis zur erwünschten Temperatur mittelst Einlegen von reinem Eis oder durch Einstellen der Wassergefässe in Eisschränke gesundheitsschädliche Eigenschaften ertheilt werden, darf man getrost verneinen.

*Beweggründe zur Beschaffung eines guten Trinkwassers.*

Die hohe Bedeutung für die Ernährung an sich könnte schon vollkommen das Verlangen rechtfertigen, dass das zum Genuss bestimmte Wasser in einem appetitlichen, möglichst reinen und wohlschmeckenden Zustande dargeboten wird. Die Gesundheitspflege erfüllt in der Beschaffung eines guten Trinkwassers einen Theil der ihr gegenüber dem Verkehre mit Nahrungs- und Genussmitteln zufallenden Aufgabe, welche sie darüber wachen lässt, dass nur eine genussfähige, unverdorbene Waare abgegeben wird, die zumal frei ist von gesundheitsschädlichen Bestandtheilen.

In der Entfaltung dieser Fürsorge fördert dieselbe theils die Ernährung und Arbeitskraft der Bevölkerung durch Beschaffung eines billigen und guten Nahrungs- und Genussmittels, theils übt sie einen Schutz der Gesundheit nach zwei Richtungen, indem sie einerseits

durch das Darbieten eines reinen, erfrischenden und schmackhaften Wassers dem Missbrauch mit anderen Genussmitteln (alkoholigen Getränken, kohlensauren Wässern, Kaffee, Thee u. dgl.), welchem nicht nur aus sanitären, sondern auch aus wirthschaftlichen Rücksichten Einhalt zu gebieten ist, einen beliebten Entschuldigungsgrund entzieht, und andererseits Gefahren vorzubeugen sucht, welche aus einer schlechten Beschaffenheit des Wassers der Gesundheit drohen.

Von diesen leitenden Gesichtspunkten der Gesundheitspflege ist gerade der letztgenannte heutzutage noch allgemein, nahezu ausschliesslich maassgebend. Es treibt derzeit in der That mitunter mehr die Furcht vor einer Schädigung durch schlechtes Trinkwasser als die Einsicht für so mancherlei Wohlthaten, welche das Wasser dem Menschen bringt, zur Aufnahme besserer Bezugsquellen, wenn nicht schon das Verlangen nach Appetitlichkeit — also der Reinlichkeitssinn — dazu bestimmt, das reinste Wasser für die Versorgung zu wählen.

## Das Nutzwasser.

Es bedarf die Frage einer Klärung, ob man nicht aus prophylaktischen Rücksichten an die Reinheit des Wassers für die anderen Zwecke des täglichen Lebens, zum häuslichen, öffentlichen oder gewerblichen Gebrauch, welches man als Nutz- oder Brauchwasser bezeichnet, gleich hohe Ansprüche, wie an die des Trinkwassers machen soll.

### *Nutzwasser als Träger von Krankheitsstoffen.*

Das Nutzwasser kommt, sei es als Wasch- oder Badewasser, sei es bei seiner Anwendung zu anderen häuslichen oder zu gewerblichen Verrichtungen mit dem Menschen vielfach direkt in innige Berührung, wobei es an den Schleimhäuten und an wunden Stellen der Haut lokale Störungen hervorrufen, auch durch Wunden schädliche Bestandtheile in den Organismus entsenden und auf diese Weise ebensogut eine Allgemeinerkrankung bewirken kann, wie durch deren Einführung in den Magen beim Gebrauch als Trinkwasser.

Noch häufiger mag ein unreines, mit Krankheitsstoffen beladenes Nutzwasser indirekt mit dem Körper dadurch in Beziehung treten, dass es bei seiner Anwendung als Reinigungs- und Befeuchtungsmittel des Haushaltes auftrocknet und schädliche Agentien, entweder in Form übelriechender Gase oder staubartiger kleinster Körperchen, durch die Athemwege in den Organismus gelangen lässt. Eine derartige Möglichkeit ist u. A. bei dem Ausscheuern der Wohnräume gegeben

und bieten insbesondere die Stubenböden mit ihren Fugen und Ritzen geeignete Bedingungen für die Entfaltung solcher Schädlichkeiten, mitunter selbst für die Vermehrung parasitärer Elemente dar.

Wenn überhaupt dem Wasser eine pathogene Eigenschaft zuerkannt werden soll, liegt schlechterdings kein Grund vor, warum dieselbe nur dem Trinkwasser und nicht ebenso auch dem Nutzwasser zukommen müsste. Eine in dieser Beziehung geübte Ungleichheit der Ansprüche an die Qualität des Wassers wird um so eher dazu führen, dass man trügerische Hoffnungen mit der Anpreisung der Vortheile einer neuen Wasserleitung bezüglich Verbesserung des Gesundheitszustandes weckt.

*Nutzwasser als Mittel zur Reinigung und Erfrischung.*

Uebrigens hat auch das Nutzwasser seine positive, physiologische Bedeutung für die Erhaltung und Kräftigung der Gesundheit und für die Förderung der Arbeitsleistung in gleicher Weise wie das Trinkwasser in Hinsicht der Ernährung. Es dient in der Verwendung zu Waschungen und Bädern dazu, den Körper zu reinigen und zu erfrischen, es fördert nicht minder das sanitäre Wohl in seiner Eigenschaft als Mittel zum Reinigen der Kleidung, Wohnung, zur Reinhaltung in Haus und Hof sowie auf der Strasse. Ausser diesen gibt es noch eine Reihe anderer, vorwiegend gewerblicher Zwecke des Nutzwassers, welche mit der Gesundheitspflege, wenn auch nur in indirekter, Beziehung stehen.

Wie die Sicherheitspolizei das Führen von feuersgefährlichen und explosibelen Stoffen in Haus und Hof zum Schutze der Bewohner und der Nachbarschaft überwacht, so muss die öffentliche Gesundheitspflege gegenüber der Unreinlichkeit Stellung nehmen und Maassnahmen treffen, damit nicht durch die Fahrlässigkeit Einzelner die sanitären Bestrebungen Vieler illusorisch werden. Die sorgsamste Reinlichkeit in allen Lebensverhältnissen ist die erste Vorbedingung des Erfolges dieser sanitären Bestrebungen, welche aber ohne Wasser, ohne ein reines, in reichlicher Menge und in leicht zu entnehmender Weise dargebotenes Nutzwasser nicht denkbar ist.

Aus diesem Grunde gebietet das Interesse für die öffentliche Wohlfahrt dringend, den Wasserconsum für den Gebrauch zu Waschungen und Bädern und zu Zwecken der Reinlichkeit im Haushalt, in den Gewerben und dem öffentlichen Leben nach Möglichkeit zu steigern. Erfahrungsgemäss vermag man sich diesem Ziele nur bei einer centralen Wasserversorgung und bei der einheitlichen Zufuhr von Trink- und Nutzwasser zu nähern.

## Das Trinkwasser als Krankheitsursache.

Wenn man von den Störungen des Wohlbefindens durch extreme Temperaturen des Wassers oder durch ein Uebermaass im Genusse desselben hier absieht, kommen nur solche Schädlichkeiten in Betracht, welche von einzelnen Bestandtheilen bedingt sind. Es ist daher angezeigt, die dem Wasser in der Pathogenese zugeschriebene Rolle an den Stoffen und Körpern zu erörtern, welche natürlicher oder abnormer Weise darin vorkommen können.

### *Zusammensetzung des Wassers.*

Das Wasser, wie es für den Versorgungszweck den Vorräthen der Natur entnommen wird, ist, selbst wenn es der schönsten Quelle entstammt, kein im Sinne der Chemie reines Wasser, das aus der Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff ($H_2O$) besteht und von anderen Bestandtheilen frei ist. Nach einem Wasser von dieser Reinheit würde man überhaupt in der Natur vergeblich suchen, es könnte wohl mit Hilfe der künstlichen Destillation, welche z. B. für die Versorgung auf Schiffen in Frage kommt, gewonnen werden, indessen nur unter Anwendung grosser Sorgfalt, denn auch dieses Verfahren macht das Wasser gewöhnlich noch nicht zu einem chemisch reinen. Die Wasserversorgung fasst daher den Begriff der Reinheit weiter als die Chemie.

Es muss uns, wenn wir den Kreislauf des Wassers uns vergegenwärtigen, naturgemäss erscheinen, dass dasselbe noch andere als seine ursprünglichen Bestandtheile enthält, denn es nimmt bei seinen Wanderungen in der Atmosphäre, auf der Oberfläche oder im Schoosse der Erde Bestandtheile auf, gibt im Weiteren wieder solche gegen andere ab und erfährt in verschiedener Hinsicht je nach Beschaffenheit der Luft- und Erdschichten, durch welche es kommt, grössere oder geringere Veränderungen. Waren diese Wege, die das Wasser nimmt, frei von den verunreinigenden Einflüssen der Bewirthschaftung und Bewohnung der Erdoberfläche, so zeigt seine Zusammensetzung nur die charakteristischen Merkmale der reinen Luft oder der reinen Bodenschichten an, und sind die einzelnen Bestandtheile, in Anbetracht ihres regelmässigen Vorkommens, selbst im reinsten Wasser des Bezugsortes als „natürliche“ zu bezeichnen.

In diesem Sinne können als natürliche Bestandtheile, wenn man hier die schon aus Geschmacksrücksichten zum Versorgungszweck nicht geeigneten Wässer unberücksichtigt lässt, je nach der Art des Bezuges und dem Orte der Entnahme in Betracht kommen: gelöste,

freie Gase (Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff), gelöste, organische Stoffe in geringer Menge, gelöste Salze der Alkalien und Erdalkalimetalle, des Magnesiums, Aluminiums (Thonerde), Ammoniaks, Eisens, Mangans als Carbonate, Chloride, Sulfate, Nitrate, Nitrite, Silicate und selbst als Phosphate (vgl. S. 4 „Die Wasservorräthe der Natur“).

Da die Bedingungen zum Austausch von Bestandtheilen, zwischen dem Wasser und der Luft oder dem Boden, sowohl nach Ort als auch nach Zeit grossen Schwankungen unterliegen, zeigt die Zusammensetzung des Wassers von verschiedener Herkunft erhebliche Unterschiede und lässt die Beschaffenheit selbst ein und desselben Wassers mehr oder weniger wesentliche zeitliche Aenderungen erkennen. Immerhin sind aber doch für die einzelnen Bezugsquellen diese Schwankungen an eine Grenze gebunden, aus deren Ueberschreitung man auf die Einwirkung aussergewöhnlicher Einflüsse, auf eine Veränderung des Wassers in Folge von Verunreinigung seiner Wege mit den Ausdünstungen beziehungsweise Abfällen des Haushalts, der Gewerbe u. s. w. — oder in Folge der Aufnahme von Bestandtheilen aus dem Leitungsmaterial schliessen kann.

Die Merkmale zur Unterscheidung des verunreinigten vom reinen Wasser sind sowohl quantitative als qualitative, indem im ersteren die natürlichen Bestandtheile in grösserer Menge vorhanden oder zu ihnen noch andere Stoffe getreten sein können, welche im Vergleich zum Befunde am reinen Wasser als eine fremdartige Erscheinung zu erachten sind. Diese in Folge einer Verunreinigung im Wasser auftretenden „zufälligen“ oder „accessorischen“ Bestandtheile sind — entsprechend den unzähligen Arten der in Luft und Boden vorkommenden Beimengungen — überaus mannigfaltig, dieselben können gasförmig oder fest, gelöst oder ungelöst sein, aus mineralischen, organischen und organisirten Körpern bestehen.

*Die Wasserbestandtheile in pathogener Hinsicht.*

Wir wollen im Folgenden untersuchen, inwieweit man berechtigt ist, einzelne Bestandtheile des Wassers der für die Versorgung in Frage kommenden Bezugsarten der Gesundheitsschädlichkeit anzuklagen.

a) Die gasförmigen Bestandtheile.

Freie Kohlensäure ist in den zum Versorgungszweck bestimmten Wässern in der Regel nur in geringer Menge enthalten. Die Kohlensäure des Grundwassers entstammt zum Theil aus der Atmosphäre,

zum grössten Theil jedoch aus der Grundluft, deren Kohlensäuregehalt entweder vulkanischen Ursprungs ist oder aus der Oxydation kohlenstoffhaltiger organischer Stoffe, also aus Fäulnissprocessen im Boden hervorgeht. Das vom Wasser absorbirte Gas wird fast vollständig zur Bildung von Carbonaten und löslichen Bicarbonaten aufgewandt, so dass die Verunreinigung des Bodens selten durch einen stärkeren Gehalt an freier Kohlensäure als vielmehr durch eine Zunahme der gebundenen und der Bicarbonate von Calcium, Magnesium und Eisen im Grundwasser zum Ausdruck kommt.

Gegen die Kohlensäure bestehen trotz der Möglichkeit ihrer Abstammung von fermentativen Vorgängen keine sanitären Bedenken, auch sind auf der anderen Seite keine Thatsachen bekannt, auf Grund welcher anzunehmen wäre, dass das gewöhnliche Trinkwasser durch einen zu starken Gasgehalt zu Störungen im Organismus Anlass gibt.

Der Mangel des Wassers an freiem Sauerstoff schliesst an sich für die Gesundheit ebensowenig eine Gefahr in sich als das Fehlen der freien Kohlensäure. Das Wasser erhält seinen Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft oder aus der Grundluft.

Der Gehalt regelt sich nach der Temperatur des Wassers und nach dem Partiardruck des Sauerstoffs in der umgebenden Luft und sinkt in Folge des Verbrauchs zu chemischen Umsetzungen anorganischer und organischer Körper und zur Ernährung niederer Lebewesen im Wasser.

Der Stickstoffgehalt des Wassers entstammt wohl zum grössten Theile der atmosphärischen Luft, möglicher Weise wird auch ein geringer Theil aus der Fäulniss stickstoffhaltiger organischer Stoffe aufgenommen. Der freie Stickstoff übt in gesundheitlicher Beziehung keinen Einfluss aus.

Die bisweilen im Grundwasser als aussergewöhnliche Erscheinung auftretenden geringen Mengen von Schwefelwasserstoff sind als solche, abgesehen von einer Störung des Wohlbefindens durch den widerlichen Geruch und Geschmack, nicht geeignet, die Gesundheit zu benachtheiligen. Schwefelwasserstoff entsteht im Boden oder Wasser entweder durch Reduktion von Sulfaten bei Gegenwart von Algen und organischen Stoffen (Abwässer von Zuckerfabriken) oder durch faulige Zersetzung von schwefelhaltigen organischen Körpern.

Wo derselbe als natürlicher Bestandtheil sich vorfindet, können wir seinen Ursprung häufig auf eine Umsetzung von Sulfiden (Kiesen, Glanz und Blenden) mit Wasser zurückführen.

An gasigen Verunreinigungen des Wassers sind noch beobachtet worden die Bestandtheile des Leuchtgases, ferner Phos-

phorwasserstoff. Das Auftreten der Ersteren erklärt sich aus dem häufigen Vorkommen von Undichtigkeiten in der Gasleitung und insbesondere durch das Aussickern von Gaswasser aus den Gasometerbassins. Der Phosphorwasserstoff wird wahrscheinlich dem Wasser aus der Zersetzung von Eiweissstoffen zugeführt.

Ueber eine Benachtheiligung der Gesundheit durch die Aufnahme solcher Stoffe mit dem Wasser liegen Erfahrungen nicht vor, es wird derselben schon dadurch einigermaassen vorgebeugt, dass das Wasser durch deren Beimengung eine Geschmacksänderung erfährt, die es zum Genuss unbrauchbar macht.

### b) Die mineralischen Bestandtheile.

Die anorganischen Körper, welche oben als Bestandtheile des in der Natur vorkommenden reinen Wassers genannt wurden, sind an sich für den Organismus nichts Fremdartiges, denn sie sind auch in anderen Nahrungs- und Genussmitteln vertreten und werden mit denselben oft in weit grösserer Menge, als sie im reinen Trinkwasser vorkommen, ohne jede Störung des Wohlbefindens genossen.

Da die Mineralwässer von der Versorgung ausgeschlossen sind und in gleicher Weise das Meerwasser wegen seines hohen Salzgehaltes dabei nicht in Betracht kommt, enthält auch das reine Wasser die mineralischen Körper gewöhnlich nicht in einer solchen Menge gelöst, dass das kleine Wasserquantum, das man trinkt, schon arzneiartige Wirkungen hervorrufen kann. Dies gilt auch im Allgemeinen von der Vermehrung der natürlichen Bestandtheile in Folge von Verunreinigung des Bodens oder durch direkte Zuflüsse von Auswurfstoffen und Abfällen des Haushalts und der Industrie. Nur in höchst seltenen Fällen wird so jene Concentration erreicht, bei welcher diese Stoffe im Stande sind, den Organismus mit einer Störung zu bedrohen. Ebensowenig kann man etwa auf Grund dieser Abstammung ohne Weiteres behaupten, dass ein derartiger Zuwachs an den einzelnen mineralischen Bestandtheilen des Wassers der Gesundheit nachtheilig sei oder schädlich werden könne.

In der Mehrzahl dürfen die verunreinigenden Beimengungen zunächst nur als mehr oder weniger verlässliche Merkmale dafür gelten, dass das Wasser mit Auswurf- und Abfallstoffen in Berührung war, ohne inzwischen die ihm bei seinen Wandelungen und Wanderungen in der Natur dargebotenen Läuterungsvorgänge mit Erfolg durchgemacht zu haben.

Wo z. B. ein höherer Kochsalzgehalt in einem Brunnenwasser gefunden wird, als entsprechend den Verhältnissen des Bodens, dem es ent-

stammt, zu erwarten ist, lässt sich mit einiger Wahrscheinlichkeit vermuthen, dass der Mehrgehalt an Kochsalz vom menschlichen Haushalt, vielleicht von Harn herrührt. Trotz solcher Provenienz ist von diesem Kochsalz an sich keine andere Wirkung zu erwarten, wie von dem als natürlicher Bestandtheil im Wasser vorkommenden, beziehentlich wie von dem Kochsalz, mit welchem wir sonst unsere Speisen würzen.

Die Zunahme des Gehaltes an Chloriden gilt gleichsam nur als Warnungszeichen insbesondere gegenüber jenen Krankheiten, von welchen man voraussetzt, dass die Auswurfstoffe der Kranken zu Trägern der Krankheitskeime werden können. (Vgl. S. 128, „Die Deutung des Untersuchungsergebnisses“.)

Ohne Zweifel würde man bei der Beurtheilung des Wassers vielen dieser Beimengungen — es sei denn aus Rücksichten der Appetitlichkeit — wenig oder gar keine Beachtung schenken, wenn die Aetiologie der Krankheiten, von welchen ein ursächlicher Zusammenhang mit dem Trinkwasser vermuthet wird, soweit geklärt wäre, dass aus dem Chaos von Körpern, welche in dem Wasser vorkommen, einer oder der andere als die eigentliche Krankheitsursache mit Sicherheit namhaft gemacht werden könnte.

Indessen hat man doch nach Maassgabe einiger in der Literatur vorliegenden Mittheilungen über nachtheilige Wirkungen des Wassers gewisser Gegenden (Auftreten von Durchfällen, Concretionen in den Harnorganen, Kropf u. dgl.) zu erwägen, ob nicht diese Körper bei einer gewissen Concentration unzuträglich sind.

So liegen wiederholt bestätigte Erfahrungen über die Entstehung von Diarrhöen durch das in Paris gebotene Trinkwasser vor, welche insbesondere bei Fremden auftreten und durch einen starken Gypsgehalt des Wassers bedingt sein sollen. Nach einigen Mittheilungen soll auch das Wasser mancher Flüsse, so des Mississippi, des Ganges u. A., zu gewissen Jahreszeiten, wie man annimmt, durch nicht gelöste mineralische (erdige) Bestandtheile Durchfälle und selbst Darmulcerationen mit tödtlichem Verlaufe hervorrufen. Es ist ferner bekannt, dass der Genuss von Brackwasser, einer Mischung von Süss- und Meerwasser, Diarrhöe erzeugt.

In Dorpat hat man die Erfahrung gemacht, dass bei Frauen und Kindern Diarrhöen durch den Genuss des dortigen Brunnenwassers, „Stadtlaugenwassers“, vorkommen, namentlich nach einem Wohnungswechsel, wenn die frühere Wohnung mit reinem Quellwasser versorgt war. Als eigentliche Ursache dieser Durchfälle bezeichnet C. Schmidt den Gehalt an Magnesiumchlorid und Magnesiumnitrat.

Diese Beobachtung erinnert, wie auch andere der Art, daran, dass die Gewöhnung für die Zuträglichkeit eines abnorm beschaffe-

nen Wassers nicht ohne Belang ist. Es lassen sich aus diesem Grunde die aus dem Befinden der Fremden gewonnenen Erfahrungen keinesfalls an der Hand von gegentheiligen Beobachtungen an der eingeborenen Bevölkerung in Abrede stellen, wenn auch immerhin einige Vorsicht im Urtheil geboten ist, da der Fremde noch in manchen anderen Dingen als im Wasser auf der Reise ungewohnte Lebensverhältnisse antrifft und deren Einwirkung ausgesetzt ist.

Es ist eine von den Fremden in München oft gehörte Klage, dass das dortige Wasser diarrhoisch wirke, jedoch in der Mehrzahl der Fälle lässt sich das Unwohlsein entweder auf die Einwirkung ungewohnter klimatischer Verhältnisse oder eines über das gewohnte Maass hinausgehenden Biergenusses zurückführen, den man sich aus Scheu vor dem als ungesund verrufenen Münchener Wasser gestattet hat.

Für die Annahme, dass die Gewöhnung nicht gleichgültig ist, sprechen übrigens noch eine Reihe von anderen Thatsachen aus der Ernährungslehre. Indessen ist es nicht gesagt, dass die Ursache, wenn wirklich der Genuss des Wassers Diarrhöe zur Folge hat, unbedingt in einem Bestandtheil desselben, und zumal in einem mineralischen, zu suchen ist.

Die Angabe des Wiener Wasserversorgungsberichtes[4)], dass die purgirende Wirkung des Wassers direkt proportional sei dem Gehalte an salpetersaurer Magnesia und salpetersaurem Kali lässt mich vermuthen, dass sie weniger auf Beobachtung und Erfahrung als auf einer etwas doctrinären Uebertragung der Dosirungsregeln der Materia medica beruhe.

Es wird mitunter die Behauptung aufgestellt, dass ein Wasser, welches reich an Erdsalzen ist, zu Concretionen in den Harnorganen und zu Verdauungsstörungen führe. Die darüber vorliegenden Angaben sind aus rein theoretischen Erwägungen hervorgegangen und entbehren durchaus der erforderlichen thatsächlichen Begründung durch vorurtheilsfreie Erhebungen aus dem praktischen Leben.

Auch in Hinsicht der allgemeinen Gesundheitsverhältnisse sollte die Härte des Wassers von erheblichem Einflusse sein, und wurden in dieser Beziehung die widersprechendsten Meinungen geäussert. Manche gingen von der physiologischen Bedeutung des Calciumcarbonats für den Aufbau des Körpers aus und erachteten die Kalksalze als schutzbringende Bestandtheile, weil hartes Wasser weniger als weiches dazu neige, lebende Organismen und organische Stoffe zu führen und Blei aus den Leitungsröhren aufzulösen. Im Gegensatz zu diesen wollten Andere wieder gefunden haben, dass das harte Wasser die Sterblichkeit mehr begünstige. So wurde vornehmlich

aus der Besserung der gesundheitlichen Verhältnisse in englischen Städten, nachdem sie mit reinem, minder hartem Wasser versorgt waren, auf sanitäre Vortheile des weichen Wassers geschlossen.

Letheby kam aber bei der Vergleichung der Sterbeziffer von 65 englischen Städten mit der Härte des Wassers gerade zur entgegengesetzten Meinung, er fand, dass mit der zunehmenden Härte, wenn sonst das Wasser gut sei, die Sterblichkeit abnehme. Auch nach den eingehenden Erhebungen der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung hat man keinen Grund anzunehmen, dass die Härte des Wassers auf die Sterblichkeit einen Einfluss äussere, obschon ein sehr hartes Wasser immerhin geringe Uebel im Körper bewirken könne.

Für die Bildung von Kropf sind schon die verschiedensten Bestandtheile des Wassers verantwortlich gemacht worden: Bald sollte die Ursache ein stärkerer Gehalt an Erdsalzen, an Calcium- oder Magnesiumverbindungen sein, bald wurde behauptet, dass gewisse eisenhaltige Wässer zu Kropf führen, bald sollten Brom- und Fluorverbindungen kropferzeugend wirken, bald wurde in einem Mangel des Wassers an Jod die Ursache des Kropfes vermuthet u. s. w. Keine dieser Angaben hat sich in der Weise bewährt, dass das Wasser in den verschiedenen Kropfgegenden stets die gleiche, als charakteristisch bezeichnete Eigenthümlichkeit dargeboten hätte, oder dass es gelungen wäre, durch Fütterungsversuche mit einem der verdächtigen Wasserbestandtheile in einiger Regelmässigkeit Kropf zu erzeugen.

In den letzten Jahren ist die bestehende Neigung, die Ursache des Kropfes in den mineralischen Bestandtheilen des Wassers zu suchen, mehr und mehr erkaltet. Die jüngste Forschung auf diesem Gebiete war darauf gerichtet, den Krankheitskeim in parasitären Elementen des Wassers aufzufinden. Der in dieser Richtung erzielte einmalige Erfolg harrt der Bestätigung durch weitere Beobachtungen, ja es muss heutzutage selbst die Frage, ob überhaupt das Wasser am Kropf Schuld sei, noch als eine offene betrachtet werden.

Es ist auch der unbestreitbaren Thatsache hier zu gedenken, dass das Trinkwasser bisweilen zu schweren Schädigungen der Gesundheit führen kann, wenn es giftige Bestandtheile aus metallischen Leitungsröhren, Pumpen oder Behältern der Wasserversorgung aufgenommen hat. Von diesen gibt das Blei am meisten zu sanitären Bedenken Anlass, denn es liegen nicht nur praktische und experimentelle Erfahrungen über dessen Angreifbarkeit durch das Wasser vor, sondern es sind auch untrügliche Fälle von Blei-

vergiftung durch Vermittelung des Trinkwassers beobachtet worden (vgl. S. 236, „Hausleitungen“).

Von anderen Metallen, wie Zink und Kupfer, welche auch mitunter zu den genannten Zwecken verwerthet werden, ist gleichfalls zur Genüge die Angreifbarkeit durch das Wasser festgestellt worden. Das Regenwasser löst Zink in erheblichem Maasse, wenn es auf Zinkdächer fällt und in offenen Zinkbehältern oder in Cisternen, die mit Zinkblech ausgeschlagen sind, gesammelt und aufbewahrt wird.

Unter den Verhältnissen des gewöhnlichen Gebrauchs von Zink- und Kupfergeräthen geht das Metall an das Wasser nicht in Mengen über, dass eine Schädigung der Gesundheit daraus zu befürchten wäre; wenigstens liegen untrügliche Erfahrungen zu Gunsten der Annahme nicht vor, dass im praktischen Leben auf diese Weise Gesundheitsstörungen entstehen.

Das Gleiche lässt sich auch von den Gefässen zur Aufbewahrung des Wassers im Haushalte sagen, welche innen mit einer blei- oder zinkhaltigen Oelfarbe angestrichen sind.

Zur Aufnahme von Eisen aus dem Leitungsmaterial neigen nur manche Wässer in besonderem Grade (vgl. S. 230, „Röhrenleitungen“).

Der Eisengehalt kann zwar den Werth des Wassers für den Trinkgebrauch und für verschiedene häusliche und gewerbliche Zwecke wesentlich herabsetzen und es selbst unbrauchbar machen, hat aber nicht als nachtheilig für die Gesundheit zu gelten.

Manche Industriezweige tragen durch die Art der Beseitigung ihrer Fabrikationsrückstände und Abfälle zu einer Beimengung von mineralischen Stoffen zum Wasser bei. In der Fachliteratur ist hin und wieder über einen Nachtheil für die Gesundheit durch mineralische Verunreinigungen des Trinkwassers seitens der Industrie berichtet worden (vgl. S. 28).

Da die Schädlichkeit dieser Stoffe, in Folge der Verdünnung, welche sie im Wasser erfahren, nicht lediglich nach Maassgabe ihres physiologischen oder toxikologischen Charakters zu beurtheilen ist, sondern wesentlich auch von der Concentration, in der sie im Wasser vorkommen, beziehentlich von der Menge, in der sie mit dem Wasser genossen werden, abhängt, lässt sich ein allgemeines Urtheil über die Gefahr nicht fällen, welche der Gesundheit daraus erwachsen kann. Immerhin ist es als eine wichtige Aufgabe der Sanitätspolizei zu erachten, dass sie den Einfluss überwacht, welchen die Gewerbe und die Fabriken auf die benachbarten Bezugsquellen der Wasser-

versorgung ausüben, um rechtzeitig einer Gefahr vorzubeugen; sie wird überhaupt, so weit es thunlich ist, die ihr zu Gebote stehenden Mittel aufzubieten haben, um jeder vermeidlichen Ueberantwortung von Schmutz und Unrath an die, dem Versorgungszwecke dienenden, Wasservorräthe der Natur wirksam entgegenzutreten.

### e) Die organischen Bestandtheile.

Am häufigsten werden die organischen Stoffe im Wasser der Gesundheitsschädlichkeit bezichtigt; man macht sie als Ursache für das Entstehen und die Verbreitung verschiedener Krankheiten verantwortlich.

Nach einigen Angaben soll die Verunreinigung des Trinkwassers mit fauligen organischen Stoffen pflanzlicher oder thierischer Abkunft im Stande sein, Durchfälle zu erzeugen; so erzählt man sich u. A. vom Wasser der Newa, dass sein Genuss, besonders bei solchen, welche nicht daran gewöhnt sind, durch einen reichlichen Gehalt an organischen Substanzen, Diarrhöen bewirke. Ebenso wird von verschiedenen Beobachtern der Genuss eines durch organische Stoffe verunreinigten Trinkwassers als Entstehungsursache der Dysenterie genannt.

Derzeit lässt es sich noch nicht ermessen, inwieweit diese Angaben das Ergebniss einer auf Thatsachen sich stützenden, ätiologischen Forschung sind, oder ob dieselben noch theilweise unter dem Einflusse theoretischer Erwägungen stehen, welche — einerseits angesichts des hergebrachten Glaubens, dass manche Krankheiten mit Fäulnissvorgängen in ursächlichem Zusammenhange stehen, andererseits angesichts der nachgewiesenen Beziehung einiger Infektionskrankheiten zum Boden — freilich die Vermuthung nahe legen, dass das Wasser, welches der Mensch zum Trink- und Hausgebrauch der Erdoberfläche und dem Boden entnimmt, unter geeigneten Bedingungen zum Vermittler von krankheiterregenden Stoffen wird.

Auch ist die Rolle, welche dem Wasser bei der Entstehung der Malariakrankheiten zuerkannt wird, mit einiger Zurückhaltung zu beurtheilen. Für diese steht es allerdings fest, dass sie mit Vorliebe auf einem mit vegetabilischen Resten und den Produkten ihrer fauligen Zersetzung durchtränkten Boden herrschen, aber es ist die Annahme, dass die Einführung des Krankheitsstoffes in den Körper mit dem Trinkwasser erfolgt, noch ebenso wenig sicher gestellt, wie die Behauptung, dass faulende organische Stoffe oder Gase, die sich daraus entwickeln, die eigentlichen Krankheitsursachen sind. Die bis jetzt ermittelten Thatsachen zwingen vielmehr dazu, den Fäul-

nissvorgängen im Boden höchstens nur die Bedeutung einer Hilfsursache oder einer wohl häufig coincidirenden, aber nicht im Causalnexus stehenden Theilerscheinung beizumessen und nach einer specifischen Potenz zu suchen, welche unter gewissen Bedingungen im Boden gedeiht und in dem menschlichen Organismus, gleichgültig ob dieselbe in den Körper durch das Trinkwasser oder die Luft übertragen werde, Malaria erzeugt.

In der Aetiologie der Cholera und des Abdominaltyphus wurde gleichfalls den organischen Bestandtheilen im Wasser vielfach eine Bedeutung zugeschrieben. Wie die Meinungen über die Art der Entstehung dieser Krankheiten im Wesentlichen nach zwei Richtungen getheilt sind, so findet auch die Beziehung der organischen Stoffe zu derselben eine verschiedene Auffassung.

Die Einen halten den Infektionsstoff für einen entogenen, welcher im Kranken reproducirt und durch dessen Ausscheidungen verbreitet werde, sie erachten das Auftreten von organischen Substanzen und anderen Merkmalen der Verunreinigung mit Jauchestoffen als ein Verdachtsmoment für die Inficirung des Wassers. Die Anderen nehmen an, dass der Infektionsstoff ektogener Natur d. h. dass der Keim, wenn er vom Kranken kommt, noch nicht zum Krankheitserreger fertig gebildet sei, sondern in einem anderen Medium — so in einem, mit leicht zersetzlichen organischen Körpern durchtränkten Boden — erst wieder zu einem wirklichen Infektionsstoff werde. Für diese haben die organischen Substanzen nicht lediglich die Bedeutung eines muthmaasslichen Begleiters der schädlichen specifischen Potenz, sondern sie gelten als eine Bedingung für die Entwicklung derselben, sie sind sammt ihren Zersetzungsprodukten ein Zeichen der örtlichen beziehungsweise auch der zeitlichen Disposition.

Wohl sprechen Thatsachen dafür, dass diese Krankheiten mit dem Boden in irgend einem ätiologischen Zusammenhang stehen, indem derselbe für ihre Entstehung den eigentlichen Keim oder eine wesentliche Hilfsursache liefert, aber es ist u. A. noch eine Streitfrage, ob die Betheiligung des Bodens an der Infektion durch das zum Trink- oder Hausgebrauch demselben entnommene Grundwasser vermittelt wird oder durch Einathmung von Grundluft geschieht, welche in Folge ihrer fortwährenden Strömungen sowohl der Luft im Freien als auch in den Wohnräumen beigemengt ist. Theoretische Betrachtungen sprechen mehr oder weniger dafür, dass sowohl die Luft als auch das Wasser die Rolle eines Trägers von Infektionsstoffen übernehmen kann, auch werden Erfahrungen aus

der ärztlichen Praxis zu Gunsten sowohl der einen wie der anderen Möglichkeit geltend gemacht. Jedoch muss an der Hand des Ergebnisses der exakten Forschung die Annahme, dass die Ursache der Krankheit vorherrschend in der Beschaffenheit des getrunkenen Wassers zu suchen sei, zum mindesten noch als verfrüht erachtet werden.

In jenen Fällen, welche zu Gunsten der sog. Trinkwassertheorie und insbesondere zum Beweis der Schädlichkeit der organischen Stoffe angeführt werden, lässt die Beobachtung eine streng sachliche Kritik in der Richtung vermissen, ob die aufgefundenen Beziehungen zwischen den Erkrankungen und dem Trinkwasser in der That ausschliesslich auf dessen Gehalt an organischen Bestandtheilen zurückzuführen, oder ob die letzteren nur als Hilfsursachen oder als regelmässige oder mehr zufällige indifferente Begleiter des eigentlichen Krankheitserregers aufzufassen sind. Dem hier geäusserten Zweifel geben alle bisherigen Mittheilungen und selbst diejenigen von anerkannt vorsichtigen und glaubwürdigen Berichterstattern Raum, weil die Technik der Trinkwasseruntersuchung dem Beobachter überhaupt noch nicht die Mittel an die Hand gegeben hat, um einen bestimmten Wasserbestandtheil unter Ausschluss aller anderen als Krankheitsursache verantwortlich zu machen.

### Der chemische Befund und sein diagnostischer Werth.

Die organischen Stoffe, welche die Wasseranalyse durch ihre Methoden zu kennzeichnen sucht, stellen eine sehr umfangreiche Gruppe von verschiedenartigen chemischen Körpern dar, von welchen sich keineswegs a priori sagen lässt, dass sie dem menschlichen Organismus nachtheilig sind oder nachtheilig werden können. Sicherlich ist die Mehrzahl der einzelnen Componenten des Sammelbegriffes „organische Stoffe“ in unserer täglichen Nahrung in grösserer Menge vertreten als in dem Wasser, das wir trinken, und verhält sich dieselbe dabei durchaus indifferent.

Nicht minder mannigfaltig sind die aus eiweissartigen Stoffen, aus Fetten und Kohlehydraten durch Fermentation entstehenden Körper. Auch ihnen gegenüber darf man überzeugt sein, dass sehr viele an sich als unschuldig zu gelten haben und dass die schädlichen nicht unbedingt bei der Einführung in den Magen zur Wirkung gelangen, weil sie zumeist in einem sehr verdünnten Zustande vorhanden sind.

Tiemann und Preusse[5)] haben in einer ihrer Arbeiten über die Prüfung der Methoden zur Wasseranalyse eine Liste von Repräsentanten der möglicherweise vorkommenden Umsetzungsprodukte, indessen ohne

Anspruch auf Vollständigkeit, aufgestellt, welcher Folgendes zu entnehmen ist.

Von den bei der Fäulniss eiweissartiger Stoffe auftretenden Spaltungsprodukten sind u. A. zu nennen: Peptone, Trimethylamin, Amidoderivate von ein- und zweibasischen Säuren der fetten Reihe (Leucin, Asparaginsäure, Glutaminsäure u. s. w.), Säuren der fetten Reihe (Valeriansäure, Buttersäure u. s. w.). Ferner Substanzen, welche der aromatischen Reihe angehören (Phenol, Kresol, Indol, Skatol, Tyrosin, Hydroparacumarsäure, Paroxyalphatoluylsäure, Hydrozimmtsäure, Alphatoluylsäure).

Die Fette zerfallen in Glycerin und kohlenstoffreiche Fettsäuren, welche durch Oxydationsvorgänge im porösen Erdboden wohl rasch in Säuren niederer Kohlenstoffreihen umgewandelt werden. Durch Gährung entstehen aus den Kohlehydraten eine grosse Anzahl von Alkoholen (Aldehyden) und Säuren derselben Reihe.

Ferner können aus Senkgruben, Kloaken u. dgl. und durch direkte Zuflüsse die Bestandtheile menschlicher Auswurfstoffe in die natürlichen Wässer übertreten. Ausserdem nimmt das Wasser sog. Humusstoffe, welche sich durch eine langsame Verwesung der in den obersten Erdschichten eingebetteten Ueberreste der Vegetation bilden, in Lösung auf; dieselben sind als der rückständige Theil dieser organischen Stoffe aufzufassen, der sich in Folge geringer Oxydirbarkeit der Mineralisirung entzieht.

Es können somit leicht veränderliche und rasch oxydirbare organische Körper neben sehr beständigen Verbindungen, flüchtige neben nicht flüchtigen u. s. w. vorkommen.

Die organischen Stoffe im Wasser bieten, wie aus der erwähnten Aufstellung ersichtlich ist, ein sehr complicirtes und sehr variabeles Bild dar.

Bisher war aber noch Niemand im Stande, einen einzelnen der im Wasser vorkommenden organischen Stoffe mittels Analyse herauszugreifen und der Gesundheitsschädlichkeit zu überführen, vielmehr sind die Beschuldigungen gegen dieselben im Allgemeinen gerichtet und werden höchstens die zu „fermentativen Vorgängen“, zu „fauliger Zersetzung“ geneigten als die gefährlichen bezeichnet. Die schwierig oxydirbaren Humussubstanzen gelten als unschädlich.

Kein einziges der bekannten Verfahren zur Bestimmung der organischen Substanzen gibt ihre Gesammtmenge auch nur einigermaassen richtig an oder ermittelt wenigstens diejenigen, welche mehr als die anderen die Entwicklung von fermentativen Processen begünstigen. So will man aus der Menge des Kaliumpermanganats, welche durch das Wasser reducirt wird, auf dessen Gehalt an organischen Körpern schliessen, wenngleich im besten Falle nur die leicht zu oxydirenden oder, richtiger gesagt, die unter den gegebenen Versuchsbedingungen mit Chamäleon oxydirbaren organischen Stoffe — und freilich mit diesen auch anorganische Körper wie

Eisenoxydul, Nitrite, Sulfide, Schwefelwasserstoff — durch diese Probe angezeigt werden.

Keineswegs begnügte man sich damit, in diesen sauerstoffbedürftigen Körpern das geeignetste Material für die Fäulniss oder das Substrat für die Entwicklung von Infektionskeimen im Boden zu erblicken oder besser zu vermuthen, sondern von Vielen werden dieselben als eine Schädlichkeit an sich aufgefasst.

Diesem Glauben gibt auch Reichardt[6] (S. 11) Ausdruck, indem er es für unzweifelhaft erachtet, dass die fraglichen zur Aufnahme von Sauerstoff äusserst geeigneten Substanzen, der Gesundheit, „dem Athmungsprocess", nur nachtheilig sein können.

Wenn dem so wäre, müsste doch aus sanitären Rücksichten mancher Bestandtheil der menschlichen Nahrung, z. B. der Zucker, von der Liste der zuträglichen Nahrungsmittel gestrichen werden.

Nicht anders verhält es sich mit den übrigen Verfahren zur Prüfung des Wassers auf organische Stoffe (vgl. S. 71).

Wie nun die Analyse gegenüber den organischen Substanzen und ihren möglicherweise toxisch wirkenden Umsetzungsprodukten uns noch im Stiche lässt, gestattet der chemische Befund ebensowenig einen Einblick in der Richtung, ob sich aus denselben durch fermentative Vorgänge im Wasser gesundheitsschädliche Körper gebildet haben, welche im menschlichen Organismus einen der Fäulniss gleichen oder analogen fermentativen Vorgang auslösen könnten.

In der Aenderung des Gehaltes an Sauerstoff, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, sowie an Ammoniak, salpetriger Säure und Salpetersäure finden wir unter Umständen wohl Anzeichen von Zersetzungsvorgängen im Wasser beziehentlich seiner Umgebung, aber keinen einigermaassen verlässlichen Aufschluss darüber, ob das Wasser durch die Umsetzung von organischen Stoffen irgend welche schädlichen Eigenschaften angenommen habe.

Ueber die direkten Beziehungen des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffs zur Gesundheit habe ich mich schon früher geäussert. In gleicher Weise haben Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure sowie ihre Salze in derjenigen Verdünnung, in welcher sie im Trink- und Nutzwasser vorkommen, an sich als indifferent zu gelten.

Dass die symptomatische Bedeutung der genannten Bestandtheile nur unter gewissen Beschränkungen zutrifft, erhellt zur Genüge aus der Thatsache, dass der Gehalt des Wassers an denselben nicht etwa ausschliesslich durch den Zerfall der organischen Stoffe

bedingt ist, wie dies für die Kohlensäure, den Sauerstoff und Schwefelwasserstoff bereits oben bemerkt wurde.

Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure werden aus den stickstoffhaltigen Körpern im Boden unter Betheiligung von Schizophyten gebildet und sind als wechselseitige Umsetzungsprodukte aufzufassen, welche entweder vom Ammoniak zur Salpetersäure aufsteigend durch Oxydation oder von der Salpetersäure zum Ammoniak absteigend durch Reduktion in einander übergehen. Da aber auch diese Körper anderen Ursprunges sein, z. B. mit dem Meteorwasser, in welchem sie nahezu regelmässig vorkommen, in den Boden zum Grundwasser und zumal in die offenen Wasserläufe gelangt sein können, dürfen wir sie nur bedingungsweise als Kennzeichen von vorhandenen oder abgelaufenen Zersetzungsvorgängen anerkennen.

Unter diesen Produkten des Zerfalls der stickstoffhaltigen organischen Körper, welchen nach hergebrachten Begriffen an und für sich ein wärmeres Interesse als denjenigen der Kohlenstoff-Verbindungen zu Theil wird, legt man vorwiegend dem Auftreten von Ammoniak und salpetriger Säure eine hohe Bedeutung bei, indem sie als Symptome dafür angesehen werden, dass der Zersetzungsvorgang noch nicht zum Abschluss gekommen ist, während man in der Salpetersäure das Endprodukt der Mineralisirung erblickt, welche als eine Unschädlichmachung aufgefasst wird.

Auf den Gang der Nitrifikation wirken eine grosse Reihe von Bedingungen ein, so dass aus wechselnden Ursachen, deren Klarstellung wohl im Laboratoriumsversuch, nicht aber unter den complicirteren, natürlichen Verhältnissen möglich ist, es in einem Falle nur zur Salpetersäurebildung kommt, im anderen nebenbei auch Ammoniak oder salpetrige Säure auftritt. Häufig ist der prompte Verlauf der Mineralisirung aber gerade durch Eigenschaften des Bodens bedingt, welche man zu den Erfordernissen eines Seuchenherdes rechnet, wie die Durchlässigkeit für Luft und Wasser, die Temperatur und die Durchfeuchtung.

Ammoniak und salpetrige Säure fehlen oft in Wässern, welche einem nachweisbar sehr verunreinigten Boden entstammen, auch für das Wasser aus Brunnen von Seucheorten sind dieselben nicht etwa ein regelmässiger, charakteristischer Befund. Es erklärt sich das Nichtvorhandensein zum Theil schon daraus, dass die salpetrige Säure ein wenig beständiger Körper ist, der bald in Salpetersäure, bald in Ammoniak übergeht, und dass vom Ammoniak weitaus der grösste Theil (nach C. Schmidt's Berechnung 3/4 des Gesammtstick-

stoffs der versickernden Stadtlauge) theils vom Boden zurückgehalten, theils von den Grundluftströmungen, Dank der Bodendurchlässigkeit als Carbonat oder Sulfid in Gasform beseitigt wird.

Man nimmt an, dass die starke Verunreinigung des Bodens mit organischen Abfällen und Durchtränkung mit fäulnissfähigen Stoffen einen Ort in den zur Bildung eines Seuchenherdes geeigneten Zustand versetze und dass mit dem fauligen Zerfall des Imprägnirungsmaterials eine zeitliche Bedingung des Auftretens der Infektionskrankheiten erfüllt werde. Die Möglichkeit eines derartigen Einflusses der Bodenverunreinigung lässt sich nicht in Abrede stellen, aber man darf doch in dieser Auffassung vorerst nicht mehr als eine Hypothese erblicken, welche der strengen experimentellen Begründung noch harrt, und hat sich mit Flügge zu fragen, ob nicht der für die Genese der Krankheiten nöthige Grad der Durchtränkung fast allerorten im Boden gegeben ist und das lokal Disponirende weit mehr in anderen, wesentlicheren Bodeneigenthümlichkeiten beruht, wie in seiner Durchlässigkeit und der Nähe der Grundwasseransammlung unter der Oberfläche.

Die Annahme einer ätiologischen Beziehung der Bodenverunreinigung zu den Infektionskrankheiten ist zum geringsten Theil auf Erfahrungen gestützt, welche durch direkte Bodenuntersuchungen an Seuchenherden und immunen Orten gewonnen sind. Das Ergebniss der bis jetzt in dieser Richtung geschehenen Erhebungen kann ebensowohl gegen als für dieselben geltend gemacht werden.

C. Flügge[7] hat seine Analysen von Bodenproben aus dem Untergrund von Strassen in Berlin und Leipzig den Angaben von Fleck sowie von mir über den chemischen Befund am Untergrund von Strassen in Dresden und München vergleichend gegenübergestellt und gefunden, dass der grobe Geröllboden Münchens verschwindend geringe Verunreinigung, der Berliner Sand und der Dresdener gemischte Boden schon bedeutend mehr zeigte und dass der Leipziger dichte, fast stets mit Lehm untermischte Boden durchweg starke Verunreinigung und stellenweise extremsten Stickstoffgehalt darbot. Es wurde damit zugleich die den Landwirthen längst geläufige Thatsache bestätigt, dass der Stickstoffgehalt und Glühverlust eines Bodens in erster Linie abhängig sind von der mechanischen Struktur und der Korngrösse des Bodens.

Wie es scheint, im Widerspruch mit diesem Ergebnisse direkter Bodenuntersuchungen stehen die Erfahrungen über das Auftreten der Mehrzahl der sog. „Bodenkrankheiten“ in den genannten Städten. Nun beziehen sich aber Flügge's Angaben vorerst nur auf den Strassenboden und ist es weiteren Beobachtungen vorbehalten, innerhalb der einzelnen Städte den Zustand des Untergrundes der immunen Häuser und der von Infektionskrankheiten heimgesuchten vergleichend zu prüfen.

Untersuchungen der letzteren Art hat v. Fodor[8] bei seinen Erhebungen über die Gesundheitsverhältnisse von Budapest ausgeführt und durch dieselben sich überzeugt, dass dort in den am tiefsten liegenden Stadttheilen, welche für Typhus, Cholera, Enteritis (Darmkatarrh) vorwiegend disponirt sind, sich auch der schmutzigste Boden findet. Der Boden von ungesunden Häusern war mehr verunreinigt als der von nahe gelegenen gesunden Grundstücken; der erstere enthielt den Schmutz in faulendem Zustande, im letzteren waren die organischen Stoffe in höherem Maasse oxydirt.

Die Ausführung direkter Untersuchungen zur Prüfung der Bodenbeschaffenheit findet mancherlei Schwierigkeiten schon in dem Umstande, dass zur Entnahme von Bodenproben Ausgrabungen oder Bohrungen erforderlich sind. Man gab sich daher um so freudiger der Erwartung hin, dass dieselben entbehrlich seien und sich ebensowohl aus Analysen des Grundwassers und der Grundluft ein Aufschluss über den Reinlichkeitszustand des Bodens und über die Zersetzungsvorgänge in demselben gewinnen lasse. Wir haben uns an einer anderen Stelle (S. 23) schon überzeugt, dass in Anbetracht der wechselnden physikalischen und geognostischen Verhältnisse des Bodens diese Voraussetzungen im Allgemeinen nicht zutreffen.

Flügge hat in schlagender Weise durch seine Untersuchungen über die Bedeutung der Trinkwasseranalyse für die Hygiene dargethan, dass im chemischen Befund nicht sowohl die Verunreinigung des Bodens, als vielmehr andere Eigenthümlichkeiten desselben zum Ausdruck kommen, und dass z. B. wichtige Faktoren der Disposition für Typhus, wie lockerer Boden oder Einlagerung undurchlässiger Schichten, mit besonderer Reinheit des Grundwassers einhergehen. Wenn kochsalzhaltige Abwässer in gleicher Menge und Concentration an verschiedenen Stellen in den Boden eindringen, können die in der Nähe befindlichen Brunnen beträchtliche Unterschiede im Chlorgehalte des Wassers zeigen, je nachdem Beschaffenheit des Bodens, Lage des Brunnens und temporäre Einflüsse ihre Wirkung äussern. Es kann folglich auch der Chlorgehalt des Trinkwassers keinen Maassstab für die Menge der Stadtlauge geben, welche den Boden einer Lokalität verunreinigt. Dieser Einwand gegen die bisherige Auffassung gilt aber nicht etwa nur dem Chlorgehalte, er trifft sogar die übrigen Bestandtheile fast noch mehr als die Chloride, da wenigstens das Chlor im Boden weder gebunden noch durch fäulnissartige Vorgänge verändert wird.

Neuerdings hat v. Fodor[8] in seinen hygienischen Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser das durchschnittliche Ergebniss (mg i. l) einer grossen Anzahl von Brunnen zu Budapest folgender-

maassen in Vergleich gestellt, um ein Urtheil darüber zu gewinnen, welche Bestandtheile des Grundwassers am ehesten als Indikator der lokalen Verunreinigung dienen können.

| Grundwasser | Rückstand | org. Stoffe | Chlor | Salpetersäure | Salpetrige Säure | Ammoniak |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *1. Gruppe.* | | | | | | |
| aus reinem Boden | 2403 | 58,5 | 314 | 549 | 0,242 | 1,15 |
| aus unreinem Boden | 2419 | 90,5 | 353 | 562 | 0,269 | 3,69 |
| *2. Gruppe.* | | | | | | |
| nahe beim Abort | — | 80,5 | 376 | 538 | — | 3,09 |
| entfernter vom Abort | — | 79,5 | 362 | 528 | — | 1,61 |
| *3. Gruppe.* | | | | | | |
| mit viel organischen Stoffen | — | 188,0 | 417 | 426 | — | 6,23 |
| mit wenig organischen Stoffen | — | 22,5 | 203 | 400 | — | 0,11 |

In der Gruppe 1 sind die Mittelwerthe von Brunnen, deren umgebendes Erdreich im Durchschnitt weniger als 200 mg organischen Stickstoff per kg Boden in 1 bis 4 m Tiefe enthielt, den Brunnen aus einem stickstoffreicheren Boden gegenübergestellt.

Die Gruppe 2 enthält die Mittelwerthe von Brunnen, welche vom Abort oder vom Siel weniger als 10 Schritte entfernt sind, im Vergleich zu denjenigen aus einem grösseren Abstande.

Die Gruppe 3 zieht Brunnen mit viel organischen Stoffen in Vergleich mit jenen, welche wenig davon enthielten.

Auf Grund dieser Durchschnittswerthe hält Fodor das Ammoniak und in zweiter Reihe die organischen Substanzen „für den entscheidendsten chemischen Ausdruck zur Erkenntniss dessen, ob das Wasser in einem Brunnen mehr verunreinigt ist als im anderen, ob eines davon in einem inficirteren Boden enthalten ist“. Ammoniak zeige die Verunreinigung des Bodens in der nächsten Umgebung der Brunnen noch am ehesten richtig an, namentlich weil dasselbe dem Wasser beim Weitersickern vom Boden wieder entzogen wird. Für die Chloride, Nitrate, Nitrite und andere Salze (die festen Bestandtheile) genügt die Bindekraft des Bodens nicht, um sie zurückzuhalten, sie könnten daher über die Verunreinigungsgrenze hinausgelangen und in entfernteren Brunnen auftreten, welche in nicht verunreinigten Terrainabschnitten liegen. Weniger leicht lasse der Boden die organischen Stoffe durch und eigentlich nur dann, wenn er damit gesättigt ist und fault; es kämen deshalb die organischen Stoffe gewöhnlich mit Ammoniak vergesellschaftet vor.

Ohne die Richtigkeit der Fodor'schen Zahlen für Budapest be-

zweifeln zu wollen, vermag ich nicht aus denselben bindende Schlüsse allgemeiner Art zu ziehen. Dieselben stimmen im Grossen und Ganzen überein mit den Erfahrungen der Agrikulturchemie hinsichtlich der Absorptionsfähigkeit des Bodens, woraus hervorgeht, dass die Brunnen im Budapester Sandboden vorwaltend unter dem Einflusse eines einzelnen der Faktoren stehen, welche gewöhnlich den Reinlichkeitszustand der Grundwässer bedingen. Indessen bieten uns diese vergleichenden Angaben auch nur Durchschnittswerthe, in welchen die zwischen den einzelnen Befunden sich ergebenden Abweichungen nicht zu Tage treten können. Nichtsdestoweniger enthalten dieselben, wenigstens in Hinsicht der organischen Stoffe, eine Verneinung des Schlusses, den Fodor aus ihnen zieht, denn nahe beim Abort werden 80,5 und entfernter davon noch 79,5 mg i. l gefunden, was doch nur eine Differenz ist, die in den Bereich des unvermeidlichen Beobachtungsfehlers fällt. Fodor selbst sagt hierzu S. 291:

„Man sieht, dass die in unmittelbarer Nähe erfolgte Verunreinigung am besten durch das Ammoniak angezeigt wird; alle übrigen Bestandtheile, selbst die organische Substanz erstrecken sich aber auch bis zu den entfernteren Brunnen und vermögen durch ihr Schwanken die lokale Verunreinigung des Bodens und des Wassers nicht so genau anzukündigen."

Es würde sonach die Schlussfolgerung nur für das Ammoniak zutreffen, aber dieser Wasserbestandtheil scheint vorwiegend nur für die von Fodor untersuchten lokalen Zustände die ihm zuerkannte symptomatische Bedeutung zu haben, beziehentlich eine Verwerthung als Indikator für die Bodenverunreinigung finden zu können, da er anderwärts selbst im verunreinigten Wasser zumeist nicht in Mengen gefunden wird, welche die quantitative Bestimmung zulassen.

In dieser Hinsicht bemerkt E. Reichardt[6] (S. 19): „Die Ermittelung des Ammoniaks ist verhältnissmässig von geringerer Bedeutung. Meine Untersuchungen ergaben bei Quellwasser, auch Salpetersäure haltendem, z. B. demjenigen in Leipzig, kein Ammoniak. Die gleichen Resultate erhielt F. Schulze in Rostock und C. Schmidt in Dorpat. Weltzien fand in keinem einzigen Wasser Karlsruhes auch nur eine Spur von Ammoniak. O. Reich findet zwar kleine Mengen, jedoch gibt die Methode den Stickstoffgehalt überhaupt an. Demnach würde, abgesehen von der qualitativen, meist jedoch auch unnöthigen Prüfung, die quantitative Bestimmung nur in seltenen Fällen, bei besonderen Veranlassungen, zu bewerkstelligen sein".

„Auch die neueren Untersuchungen bestätigen vollkommen, dass das Ammoniak nur vorübergehend und auch dann nur in sehr geringer Menge vorkommt, so dass die Bestimmung für gewöhnlich unterlassen werden kann. Die sehr zahlreichen Prüfungen der Erfurter Brunnen und namentlich zu wiederholten Malen in verschiedener Jahreszeit ergaben bei Weitem

in den meisten Fällen kein Ammoniak oder eine verschwindend kleine Menge, 0,006 bis 0,59 mg i. l, beweisen demnach sehr gut die auch von anderen Chemikern erhaltenen Resultate.“

Unter diesen Umständen möchte auch ich bei der von Flügge warm vertretenen Empfehlung der Chlorbestimmung insbesondere für Beobachtungen der zeitlichen Veränderungen im chemischen Bestande der Bodenwässer verharren, zumal auch die Gruppe 3 der Angaben Fodor's erkennen lässt, dass nächst dem Ammoniak die Chloride in ihrer Menge den Schwankungen des Gehaltes an organischen Stoffen am besten folgen.

Man hat in verschiedener Weise die Trinkwasseranalyse in der ätiologischen Beobachtung angewandt, indem man entweder nach Unterschieden in der Wasserbeschaffenheit inficirter und immuner Ortschaften und Lokalitäten suchte oder die zeitlichen Variationen im Gehalte des Wassers an gewissen Bestandtheilen mit der Krankheitsfrequenz in Betracht zog. Ausser dem bereits dargelegten Fehler in Hinsicht des diagnostischen Werthes des Ergebnisses der chemischen Analyse und der theilweisen Unzulänglichkeit der Untersuchungstechnik haften diesen Verfahren noch Mängel in der statistischen Methode an, namentlich insofern, als die Gruppirung des Beobachtungsmaterials, da selten eine strenge Abgrenzung nach Trinkwasserbezirken geschehen kann, immerhin eine mehr oder weniger willkürliche ist. So hat O. Reich[9], wenn er die Angaben der Schwabe'schen Cholerakarte seinen Erfahrungen zu Grunde legte, in überredender Weise die Proportionalität zwischen der Cholerasterblichkeit (Berlin 1866) und dem Salpetersäuregehalt der Brunnenwässer nachweisen können, während dieses Verhältniss nicht bei einer Vertheilung der Sterblichkeit nach Polizeirevieren zu Tage tritt.

Aus diesem Grunde sind alle Beobachtungen, welche ein gesetzmässiges Verhalten der Wasserbeschaffenheit zur Krankheitsfrequenz darthun wollen, mit Vorsicht aufzunehmen und darauf zu prüfen, ob die aufgefundene Coincidenz thatsächlich im Verhältniss von Ursache und Wirkung steht oder nur eine zufällige ist. Die bis jetzt vorliegenden Angaben dieser Art haben angesichts der gegentheiligen Erfahrungen, die an anderen Orten gemacht wurden, nicht jene Bedeutung gewinnen können, welche anfänglich von manchen Schriftstellern ihnen beigemessen wurde.

C. Bulk[10] verglich die Erkrankungsvorkommnisse einer Ruhrepidemie, die zu Barmen im Herbst 1875 aufgetreten war, mit der Beschaffenheit der Brunnenwässer, indem er dieselben nach Maassgabe des Ergebnisses der Analyse in 3 Klassen, in verwerfliche, bedenkliche und brauchbare Wässer eintheilte. Diese Gruppirung, welche von Bulk selbst

bezüglich der Grenzen als eine mehr oder weniger willkürliche bezeichnet wird, geschah vorwiegend auf Grund des Gehaltes an Salpetersäure und Chlor. Von den Brunnenwässern, auf welche die 89 an Ruhr Erkrankten angewiesen waren, konnte in 56 % der untersuchten Brunnen mit Chamäleon keine organische Substanz nachgewiesen werden und war in 28 % Ammoniak nur in Spuren, in 70 % gar nicht vorhanden.

Die Erkrankten waren zu 76 % mit verwerflichem, zu 12 % mit bedenklichem und zu 11 % mit brauchbarem Wasser versorgt. Dagegen entfielen auf die verschont gebliebenen Häuser 26 % verwerfliches, 26 % bedenkliches und 47 % brauchbares Wasser. Auch habe der Salpetersäuregehalt in den letzten zwei Jahren vor Ausbruch der Epidemie in den Brunnen der inficirten Stadttheile eine stärkere Zunahme erfahren als in den nicht heimgesuchten.

v. Fodor[8] berichtet, dass in den mehrerwähnten Erhebungen zu Budapest dem Verhalten des Bodens auch die Beschaffenheit des Wassers, wenigstens in Bezug auf den Gehalt an Ammoniak und organischen Stoffen entsprochen habe, so war das Brunnenwasser der Cholerahäuser besonders durch einen höheren Gehalt an diesen Bestandtheilen ausgezeichnet. Auf Grund seiner Erfahrungen glaubt Fodor seine Meinung dahin aussprechen zu können, dass die Oxydationsprodukte ein Brunnenwasser nicht verderben und auch keinesfalls eine schädliche Beschaffenheit desselben anzeigen, dass hingegen die organischen Stoffe und die Fäulnissprodukte (Ammoniak) im Wasser entweder an und für sich schädlich sind oder einen Indikator für die gesundheitsschädliche Beschaffenheit des Bodens und des Wassers abgeben.

Flügge[7] hat die Typhussterblichkeit einer Anzahl von Städten und deren Wasserbeschaffenheit vergleichend zusammengestellt und in ähnlicher Weise für Leipzig die Typhusmorbilität der einzelnen Strassen mit dem Chlorgehalte der Brunnen verglichen. Es ergab sich, dass eine Abhängigkeit der Krankheitsfrequenz von dem Grade der Verunreinigung der Brunnen mit animalischen Stoffen, soweit diese durch den Chlorgehalt angezeigt wird, nicht nachzuweisen ist, sondern dass im Gegentheil die besonders zu Typhus disponirten Städte und Lokalitäten sich durch ein vorzugsweise reines, von thierischen Abfallstoffen freies Wasser auszeichnen.

Ebenso hat Port[11] in seinen Beobachtungen über das Verhalten der Münchener Kasernen gefunden, dass „die typhusreichste ein vorzügliches, fast nährstoffloses Wasser, die typhusärmste dagegen das relativ schlechteste Wasser hat, das in der ganzen Garnison getrunken wird.“

v. Fodor will aus dem Ammoniakgehalt der Brunnenwässer erkennen, welches von zwei Wässern einem inficirteren Boden entnommen ist. Ich darf annehmen, dass hier mit dem Ausdruck „inficirt“ nichts mehr und nichts weniger als „imprägnirt“ gesagt sein soll, denn sonst hätte in meinen Augen der gebrauchte Comparativ zur Zeit wenig Berechtigung. Vorerst kann es uns nur darauf ankommen nachzuweisen, ob überhaupt eine Infektion des Bodens vorliegt; die Bestimmung des Grades derselben mag in zweiter

Reihe folgen, sie wird voraussichtlich noch grössere Schwierigkeiten haben.

Auf die Intensität der fermentativen Processe im Boden hat man freilich schon aus der Abnahme des Sauerstoffs oder dem Auftreten von Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetriger Säure und aus der Zunahme des Gehaltes an Kohlensäure und Salpetersäure zu schliessen versucht. Die Unsicherheit eines derartigen Vorgehens haben wir zum Theil schon durch die Erörterung der symptomatischen Bedeutung dieser Bestandtheile und ihrer Abhängigkeit von verschiedenen Bodeneigenthümlichkeiten kennen gelernt. Die Stärke des fermentativen Processes wird sich ebenso wie die Entwicklungsstufe in den Bestandtheilen des Wassers bald richtig kund geben bald nicht, und können auch die Variationen im chemischen Bestand nicht unbedingt als ein Maass für die zeitliche Disposition gelten.

Von den gasförmigen Zerfallsprodukten, z. B. der Kohlensäure, ist es bekannt, dass sie vor ihrer Aufnahme ins Wasser keineswegs am Orte ihrer Entstehung verharren, vielmehr den Strömungen der Grundluft folgen, die unter dem Einflusse des Windes, des Temperaturunterschiedes, der Barometerschwankungen und der Diffusion stehen. Die Verbreitungsweise des Gases macht sich denn auch, wie M. Popper[12)] gezeigt hat, im Gehalte des Wassers an freier und halbgebundener Kohlensäure geltend, indem derselbe in den verschiedenen Tiefen des Brunnens variirt und von unten nach oben abnimmt, ferner mit dem Sinken des Luftdrucks steigt und umgekehrt, aber keine gesetzmässigen Beziehungen zum Chlorgehalte erkennen lässt.

In Anbetracht der hinsichtlich der Bedeutung des Ergebnisses der chemischen Analyse erörterten Verhältnisse darf man im Fehlen von organischen Stoffen, Ammoniak und salpetriger Säure noch keinen strikten Beweis für die Reinheit des Bodens und dessen Freisein von fermentativen Vorgängen erblicken. Auf der anderen Seite ist aber auch das Auftreten dieser Bestandtheile im Grundwasser nicht ohne Weiteres als ein Zeichen der Schädlichkeit des Wassers oder als ein Merkmal der Disposition des Bodens anzusehen.

Wir haben es hier mit viel zu complicirten Verhältnissen zu thun, als dass man im Allgemeinen gewisse Bestandtheile des Brunnenwassers als verlässliche Anzeichen für die Zustände im Boden auffassen dürfte, und an guter Stelle erinnert Flügge uns an einen Ausspruch Virchow's: „die Frage nach dem Zusammenhang zwischen Grundwasser und Verunreinigung der Brunnen ist ein viel mehr zusammengesetztes Problem, als man sich vorgestellt hat“.

**Die Meinungen über die Art der Wirkung der organischen Stoffe.**

Ueber die Art und Weise wie ein abnorm beschaffenes Trinkwasser schädlich wirkt, bestehen noch durchaus unklare Vorstellungen und gilt dies am meisten bezüglich der Annahme eines Einflusses der organischen Bestandtheile auf die Entstehung von Infektionskrankheiten.

Bald hat man die organischen Substanzen nur als Nährmaterial für krankheiterregende Mikroorganismen im Wasser sich gedacht oder die Schädlichkeit derselben sich so vorgestellt, dass fermentative Vorgänge aus ihnen, besonders aus den leicht zersetzlichen, toxisch wirkende Substanzen nach Art des putriden Giftes, der Ptomaïne (der Leichen- und Fäulnissalkaloide) im Wasser hervorbringen. Einige haben gemeint, dass sich durch derartige Processe selbst ungeformte Fermente mit giftigen Eigenschaften bilden könnten, von Anderen wurde vermuthet, dass der Genuss eines mit organischen Stoffen beladenen Wassers, namentlich wenn dieselben in fauliger Zersetzung begriffen wären, Störungen im Körper verursache, welche die Aufnahme der krankmachenden Potenz im Organismus begünstigen.

Keiner dieser Vorstellungen liegen unantastbare Beweise aus der praktischen Beobachtung zu Grunde, auch entbehren dieselben noch vollständig der experimentellen Begründung.

Bekanntermaassen stellen die einzelnen Gruppen der niederen Organismen ungleiche Ansprüche an die Natur ihres Nährmaterials, so dass z. B. die eine von anorganischen, die andere vorherrschend von organischen Stoffen lebt, die eine von unzersetzten, die andere von fauligen organischen Bestandtheilen sich nährt. Aber selbst die einzelnen Gattungen und Arten unterscheiden sich noch zum Theil von einander durch ihr biologisches Verhalten in der Auswahl des anorganischen oder organischen Nährbodens; so weiss man von den verschiedenen Schizophyten, welche auf organischen Nährsubstraten leben, dass für das Gelingen des Kulturversuchs die Zusammensetzung des Gemenges von organischen Körpern, auf dem man sie züchtet, nicht gleichgültig ist.

Im Hinblick auf dieses wählerische Verhalten und die Empfindlichkeit der Mikroorganismen gegenüber einem ungeeigneten Nährmaterial, sowie in gleichzeitiger Erwägung, dass die organischen Stoffe im Wasser ein in seinen Bestandtheilen wechselndes und veränderliches Gemische von mannigfaltigen organischen Verbindungen mit verschiedenartigen Eigenschaften sind, erscheint es von vornherein unzulässig, ein Wasser, schon deshalb, weil es organische Substanzen enthält, als eine der Entwicklung und Vermehrung von

pathogenen Organismen günstige Nährlösung anzusehen, ohne zu wissen, ob die von der Analyse angezeigten organischen Stoffe in der That den Lebensanforderungen derselben genügen. Aus diesem Grunde wächst auch nicht, wie behauptet wird, mit der Höhe des Gehaltes an organischen Stoffen unbedingt der Werth des Wassers als Nährlösung.

Es steht fest, dass z. B. die Schizophyten zur Fristung ihrer Existenz und Bewahrung der Fortpflanzungsfähigkeit nur minimaler Mengen von den organischen Nährstoffen bedürfen. Diese und andere niedere Lebewesen kommen keineswegs nur im verunreinigten Wasser, sondern auch selbst in reinem Quellwasser vor und werden heutzutage mit Hilfe der Färbungsmethoden und der verbesserten Mikroskope fast regelmässig gefunden. Burdon Sanderson hat schon vor geraumer Zeit durch Versuche, in welchen er Pasteur'sche Nährflüssigkeit mit Proben von Wasser versetzt hatte, den Nachweis geliefert, dass in allem Wasser, selbst im Schneewasser, im Wasser des reinsten Eises und im destillirten Wasser, mit alleiniger Ausnahme des frisch destillirten, Bacterien vorhanden sind, wenn auch oft nur in geringer Zahl und ohne Vermehrung, vielleicht im Ruhe- oder Dauerzellenzustand (F. Cohn[13]).

Auch ist die Auffassung, dass die faulige Zersetzung der organischen Stoffe für die Entwicklung und Fortpflanzung von parasitären Krankheitserregern im Boden oder Wasser besonders günstig sei, als eine irrthümliche zurückzuweisen. Wird doch die Fäulniss nicht nur hervorgerufen und begleitet von einem massenweisen Auftreten der Fäulnissbacterien, welche andere Schizophyten neben sich nicht aufkommen und gedeihen lassen, und liefert sie überdies als Endprodukte Körper wie Phenol, Kresol, Indol, Skatol, welche, wenn sie auch nicht desinficirend, d. h. die Lebensfähigkeit vernichtend wirken, doch der Vermehrung der niederen Organismen hinderlich werden können (Nencki[14], Wernich[15]).

Wenn wir in eine nähere Erörterung der ätiologischen Beziehungen einer durch Fermente bedingten Zersetzung und besonders der sich aus organischen Körpern im Boden und Wasser durch Fermentation entwickelnden Faulstoffe zu den oben genannten Krankheiten eintreten wollen, ist es durch den heutigen Stand der Pathologie angezeigt, die fraglichen Krankheitsformen zunächst danach zu unterscheiden, ob dieselben als Folgen einer Infektion oder einer Intoxication aufzufassen sind, so z. B. unter den Wundkrankheiten die septikämischen Infektionen von der putriden Intoxication zu trennen, nachdem festgestellt ist, dass die ersteren Bacterienkrankheiten

sind, welche sich vom kranken Organismus auf den gesunden weiter impfen lassen, während die putride Intoxication die Folge der Einverleibung von chemisch wirkenden Faulstoffen ist, welche von Fäulnissbacterien aus organischen Substanzen erzeugt werden, aber nicht verimpfbar sind.

Ist auch die in dieser Hinsicht angestrebte Klärung vorerst nur für wenige Krankheiten wirklich erzielt worden, so hat doch eine kritische Sichtung des vorliegenden Beobachtungsmaterials, wie sie jüngst F. Hueppe[16] der Frage hat zu Theil werden lassen, mit Bestimmtheit dargethan, dass zur Annahme eines genetischen Zusammenhanges von Fäulniss und Infektionskrankheiten kein Grund vorliegt. Man ist gegenüber manchen Infektionskrankheiten, z. B. Malaria, Abdominaltyphus, Cholera u. s. w., zwar noch nicht einig darüber, ob man es, wie wahrscheinlich, mit Bacterienkrankheiten zu thun habe oder ob nicht doch die Krankheitsursache chemischer Natur sei und entweder als gasförmige Beimengung der Luft oder gelöst im Trink- oder Nutzwasser an den Menschen herantrete. Aber selbst für den Fall, dass man den chemischen Charakter der specifischen Potenz in der Aetiologie der fraglichen Krankheiten zugeben dürfte, so bliebe immerhin noch die direkte Beziehung zu Fäulnissvorgängen nachzuweisen, bevor man die Abstammung des Krankheitsstoffes von diesen anzunehmen berechtigt ist: denn soviel haben doch die zahlreichen experimentell-pathologischen Untersuchungen sicherlich erkennen lassen, dass die Einführung von Faulstoffen in den Organismus sowohl klinisch als anatomisch andere Krankheitsbilder erzeugt, wie das des Abdominaltyphus, der Malaria u. s. w.

In dieser Hinsicht sind besonders die Versuche R. Emmerich's[17] von Interesse, welcher die Einwirkung des verunreinigten Wassers auf die Gesundheit experimentell am Menschen und an Thieren studirt hat, indem er dem Körper das unreine Wasser beziehentlich die extrahirte Verunreinigung durch subcutane Injektion oder durch Einführen in den Magen einverleibte.

R. Emmerich's Versuche. Da bekanntlich, wie v. Bergmann gezeigt hat, der Organismus des Versuchsthieres oft schon auf die Einspritzung des reinen destillirten Wassers reagirt, war E. zunächst bemüht, Kriterien für eine Differentialdiagnose in der Hinsicht aufzufinden, ob die Erscheinungen durch blosse Wirkung des Wassers hervorgerufen sind; es gelang ihm, geeignete Unterscheidungsmerkmale und Versuchsbedingungen aufzufinden. Die an der Hand derselben ausgeführten praktischen Versuche ergaben, dass durch Einspritzen eines vorher filtrirten Sielwassers genau dieselbe pathognomische Symptomengruppe und die-

jenigen pathologisch-anatomischen Veränderungen im Organismus hervorgebracht werden, welche man bei Versuchen mit putriden Flüssigkeiten, mit wässerigen Aufgüssen von faulenden animalischen und vegetabilischen Körpern auftreten sieht.

Ausserdem hat E. mit einer grösseren Zahl von Münchener Trinkwässern experimentirt, die mehr oder weniger stark verunreinigt und theilweise aus Brunnen von Typhushäusern entnommen waren. Das Resultat dieser Injektionsversuche war ein negatives.

Schon die früheren Beobachter (Billroth, Stich, F. Schweninger, Hemmer, Bergmann u. A.) hatten erkannt, dass in den Magen grosse Dosen faulender Flüssigkeiten gebracht werden können, ohne das Befinden der Versuchsthiere wesentlich zu beeinflussen. Emmerich überzeugte sich zunächst von der Richtigkeit dieser Angaben durch Versuche an Thieren, welche auch bei grossen Tagesgaben von stark verunreinigtem Sielwasser gesund bleiben. Aber er trank auch selbst 14 Tage lang zu 1/2 bis 1 Liter täglich das Wasser des Münchener Hofgraben- und des Krankenhausbaches, welches sowohl nach Maassgabe der chemischen Analyse als auch sichtlich sehr verunreinigt war, denn es führte Blätter von Kraut, Salat u. s. w., Leinwandfasern, Menschen- und Thierhaare, Kothpartikel und viele andere, nicht gerade appetitliche Dinge mit sich. Er genoss das Wasser selbst bei einem ziemlich heftigen Magenkatarrh, ohne dass der fortgesetzte Genuss einen ungünstigen Einfluss auf den Verlauf der Krankheit geäussert hätte.

In einer anderen Versuchsreihe trank E. das Wasser des Krankenhausbaches trotz einer heftigen Gastro-Enteritis: Die in Zunahme begriffenen Symptome steigerten sich nach der ersten Wasseraufnahme zu bedeutender Heftigkeit, gingen aber bei sonst entsprechendem Verhalten trotz nochmaliger Ausführung des Experimentes wieder zurück. In gleicher Weise hatten sich zwei Patienten, welche beide an Störungen der Verdauungsorgane litten, an den Versuchen freiwillig betheiligt und sich durch den Gebrauch des verunreinigten Wassers zum Trinken nicht im Mindesten eine Verschlimmerung ihres Zustandes zugezogen.

In einer Versuchsreihe mit Sielwasser, welches durch den Zufluss eines reinen Wassers verdünnt war, hatten die Thiere auf die Einspritzungen hin keinerlei Störungen ihrer Gesundheit gezeigt. E. lässt die Frage offen, wodurch diese Unwirksamkeit bedingt sei, und zieht bei der Erwägung der verschiedenen Möglichkeiten noch die Erfahrungen von Sanderson heran, wonach eine bestimmte Menge putriden Giftes in viel Wasser weniger intensiv wirkt, als wenn die nämliche Quantität mit wenig Wasser in den Organismus eingeführt wird.

In Bezug auf den chemischen Charakter des Wassers, welches bei der Injektion eine Vergiftung hervorgebracht hatte, äussert sich E. mit folgenden Worten: „Ein Wasser, welches putride Intoxication bei subcutaner Injektion bewirkt, unterscheidet sich in chemischer Beziehung von einem stark verunreinigten, aber unschädlichen Brunnenwasser nicht sowohl durch die absolute Menge des Rückstandes und der durch Chamäleon bestimmten organischen Substanz, sondern wesentlich dadurch, dass bei jenem die durch Kaliumpermanganat gefundene Quantität der organischen Stoffe immer grösser ist als jene der Rückstandsmenge. Eine

Thatsache, die sich aus dem Vergleich der Brunnenwasseranalysen mit jenen des putrid wirkenden Kanalwassers ergibt."

Die Frage, inwieweit das in den Beobachtungen Emmerich's hervorgetretene Ueberwiegen der mit Chamäleon bestimmbaren organischen Stoffe über die Rückstandsmenge als eine charakteristische Erscheinung für die putride Eigenschaft eines Wassers zu gelten hat, bedarf zu ihrer endgültigen Entscheidung noch weiterer Erfahrungen und zumal auch der Beobachtung an Wässern von gleicher Bezugsart und Oertlichkeit. Emmerich ist es nicht möglich gewesen, ein indifferentes Brunnenwasser mit einem toxisch wirkenden in Vergleich zu stellen, vielmehr sah er sich durch das Ergebniss der Intoxicationsversuche darauf angewiesen, den Inhalt der Münchener Siele, zu deren Spülung vorwiegend das Wasser des Pettenkofer-Brunnenwerks, ein Grundwasser mit geringerem Gehalte an mineralischen Bestandtheilen und kleinerer Rückstandsmenge dient, mit dem an festen Bestandtheilen reicheren Brunnenwasser zu vergleichen.

Indessen wollen wir nicht verkennen, dass das Kanalwasser mit putriden Eigenschaften ausweislich der Analyse sich im Grossen und Ganzen wesentlich reicher an Stoffen, welche Chamäleonlösung reduciren, gezeigt hat, als das indifferente Brunnenwasser, und dass die Wirkung um so intensiver auftrat, je grösser der Gehalt an solchen Körpern war. Aber trotz dieses Zusammentreffens eines reichlicheren Gehaltes an derartigen leicht oxydirbaren Stoffen muss es immerhin noch gewagt erscheinen, wenn man das Bestehen eines Causalnexus zwischen der organischen Substanz und der putriden Intoxication behaupten wollte, da einerseits die Reduktion von Kaliumpermanganat ebensogut von noch unzersetzten organischen Körpern bedingt sein konnte, welche harmlose Begleiter des putriden Giftes sind, ohne eine genetische Beziehung zu demselben zu haben, und andererseits aus den Mittheilungen nicht hervorgeht, ob die Chamäleonprobe unter Ausschluss von leicht oxydirbaren mineralischen Körpern (Eisenoxydul, salpetriger Säure u. s. w.) ausgeführt worden ist.

Emmerich nimmt unter Berücksichtigung aller Erscheinungen (des Verhaltens der Körpertemperatur, der Krankheitssymptome und des pathologisch-anatomischen Befundes) an, dass in seinen Versuchen die deletäre Wirkung des injicirten Kanalwassers durch die in demselben befindlichen „putriden Stoffe" hervorgerufen sei, hingegen lässt er es unentschieden, ob der toxische Stoff ein gelöster oder suspendirter organischer oder aber ein organisirter Körper sei.

Nach Maassgabe der neueren Untersuchungen sind die Fäulnissbacterien selbst keine pathogenen Lebewesen, sie wirken an sich nicht infektiös, dagegen äussern die unter dem Einfluss ihrer Lebensthätigkeit erzeugten Faulstoffe eine toxische Wirkung. Das Gift wirkt aber, wie auch Emmerich sich überzeugt hat, nur dann, wenn es in der erforderlichen Menge und Concentration und in einer seiner Entfaltung günstigen Weise in den Organismus eingeführt wird — also unter Bedingungen, welche beim gewöhnlichen Gebrauch des Wassers kaum gegeben sind.

Darüber, dass der Giftstoff nach Art eines ungeformten Fermentes (eines Enzyms) wirkt, liegen in der Literatur über die Erforschung der Fäulniss wohl widersprechende Erfahrungen, aber keine abschliessenden Thatsachen vor. Nach Hiller[18] ist in seinen Versuchen einmal ein ungeformtes septikämisches Contagium aufgetreten, aber das Ferment, welches eine bestimmte Krankheitsform wie Cholera oder Malaria erzeugen soll, hat bis jetzt noch Niemand auch nur einigermaassen greifbar dargestellt. Die Meinung, dass die Entstehung der Infektionskrankheiten auf die Wirkung von ungeformten Fermenten zurückzuführen sei, beruht sonach lediglich auf Vermuthungen oder auf Analogieschlüssen, welche nachweislich vorerst noch auf schwachen Füssen stehen.

Mitunter hört man die Besorgniss äussern, ob nicht die organischen Substanzen, beziehungsweise die aus denselben entwickelten fauligen Stoffe, wenn sie in schwacher Concentration und geringen Mengen mit dem Trinkwasser fortgesetzt aufgenommen werden, in cumulativer Wirkung zur Geltung kommen oder erst nach und nach allgemeine, nicht specifische Störungen im Organismus hervorbringen. Es ist dies das Bedenken, dem man stets wieder begegnet, so oft es der hygienischen Forschung gelingt, den sicheren Nachweis zu liefern, dass, im richtigen Lichte besehen, eine nach hergebrachten Begriffen angenommene „Gesundheitsschädlichkeit“ unter den Verhältnissen des praktischen Lebens nicht jene Gefahr zeigt, welche man ihr auf Grund theoretischer Speculation oder in Folge einer Vernachlässigung der quantitativen Betrachtung beizumessen gewohnt war.

Dass eine Aufspeicherung des putriden Giftes im Organismus und nachträgliche Wirkungsäusserung statt hat, lässt sich auf Grund experimenteller Erfahrungen verneinen. Die Angabe Hiller's über die progressive Virulenz eines ungeformten Contagiums hat durch die Untersuchungen über Septikämie (Davaine, Koch, Gaffky) längst eine andere Deutung erfahren. An der letzteren können vorerst auch die neueren Arbeiten von J. A. Rosenberger[19] und von M. J. Rossbach[20] nichts ändern, welche nach Einverleibung kleiner Mengen eines gekochten septischen Giftes oder eines chemischen Fermentes (Papayotin) eine Vermehrung der nach ihrer Voraussetzung im Blute lebender Thiere präexistirenden Bacterien und eine Aeusserung von pathogenen Wirkungen seitens derselben gesehen haben.

Das Befürchten von sehr spät, allmählich sich einstellenden Allgemeinwirkungen ohne specifischen Charakter verirrt sich aber in

ein Gebiet, welches der exakten, experimentell arbeitenden Forschung noch unzugänglich und verschlossen ist. Wenn wir uns nun an die praktische Erfahrung um Aufschluss wenden, gewinnen wir aus der Thatsache, dass der Mensch fast täglich in Speise und Trank Faulstoffe ohne die geringste Beeinträchtigung seines Wohlbefindens aufnimmt, zum mindesten den Eindruck, dass die Furcht vor den Erregern und den Produkten der Fäulniss im Wasser sehr übertrieben ist. In schlagender Kritik hat C. v. Nägeli[21] mit solchen Argumenten aus dem täglichen Leben das Ungereimte der bisherigen Anschauung den Aerzten vor Augen geführt:

Spaltpilze ohne eigentliche Produkte der Fäulniss finden sich z. B. in saurer Milch, in manchen getrockneten Feigen, in überreifen Melonen und Wassermelonen, in zweitägigem Kumys, an gekochtem Fleisch, welches im Sommer nach 24 oder 48 Stunden kalt gegessen wird, an rohem Schinken und zwar in einer solchen Menge, dass eine einzige Mahlzeit in den Magen oft mehr Spaltpilze einführt als das verdorbenste Trinkwasser innerhalb 4 Wochen. Fäulnissprodukte ohne Spaltpilze nehmen wir in reichlicher Menge in manchen gekochten Nahrungsmitteln auf, z. B. im Sauerkraut, im Wildpret mit deutlichem Hochgeschmack. Am häufigsten geniessen wir aber Speisen, welche Spaltpilze und Fäulnissprodukte zugleich enthalten, wie Käse, kalte gekochte und rohe Fleischspeisen. An letzteren können neben der Fäulniss noch andere Zersetzungen eintreten und gefährliche Produkte wie z. B. das Wurstgift bilden. Dass diese giftige Zersetzung etwas ganz Ausnahmsweises und von den Fäulnisspilzen Unabhängiges ist, beweise der Umstand, dass unter Millionen von Fäulnissprocessen kaum einer solche giftige Stoffe erzeugt.

Nach Nägeli sind in dem schlechtesten Trinkwasser im Vergleich mit den genannten Speisen die Fäulnisspilze und Fäulnissprodukte in so geringer Menge vorhanden, dass man die Furcht vor denselben gradezu als Einbildung bezeichnen kann. Eine Flasche von sog. verpestetem Trinkwasser sei nur die homöopathische Dosis einer Mahlzeit von Käse. Wenn die Fäulnissstoffe selbst so reichlich vorhanden wären, dass sie dem Trinkwasser einen ausgesprochen unangenehmen Geschmack und Geruch ertheilten, was in unseren Gegenden wohl nie vorkommt, so könnten sie nur so weit nachtheilig werden, wie Alles, was unsere Nerven unangenehm berührt. In der That lassen sich aus der praktischen Erfahrung überzeugende Beweise für die Meinung erbringen, dass die Fäulniss des Trinkwassers als solche der Gesundheit nichts schadet und sicherlich keine Infektionskrankheiten erzeugt.

Mit der gleichen Zurückhaltung ist vorerst noch die Hypothese aufzunehmen, dass gewisse Bestandtheile des Trinkwassers den Körper für die Entfaltung der Wirkung von aufgenom-

menen Infektionsstoffen empfänglich machen könnten, sei es dadurch, dass sie seine Widerstandsfähigkeit gegen dieselben schwächen oder dass sie ihn zu einem der Entwicklung und Vermehrung parasitärer Krankheitskeime günstigen Nährboden vorbereiten. In neuester Zeit hat v. Fodor[8)] den organischen Stoffen und ihren Fäulnissprodukten diese Bedeutung beigelegt.

So sehr ich auch mich für den Gedanken erwärmen kann, dass im Kampfe gegen die Infektionskrankheiten die Beseitigung von Bedingungen der individuellen Disposition diejenige Aufgabe der Gesundheitspflege ist, welche mit am meisten Erfolg in der Prophylaxe verspricht, vermag ich der gedachten Auffassung hier doch nicht das Wort zu reden, ja ich glaube dieselbe, wie alle anderen Vermuthungen dieser Art, als eine der Fundirung noch harrende Hypothese kennzeichnen zu müssen, in Anbetracht, dass man über die Ursachen der Verschiedenheit des individuellen Verhaltens gegenüber den Infektionserregern, die zum Theil selbst in ihrem Wesen nicht einmal erkannt sind, noch so sehr im Unklaren ist.

### Die Faulstoffe im Friedhofwasser.

Es bedarf schliesslich noch einer kurzen Erörterung, ob nicht die organischen Stoffe, je nach ihrer Abstammung eine verschiedenartige Beurtheilung beanspruchen können. Sollten nicht in Folge der Einbettung von Leichen in den Boden dem Wasser Faulstoffe von besonderer Gefährlichkeit zufliessen?

Diese Frage lässt sich keinesfalls generell in dem Sinne behandeln, dass man die organischen Beimengungen des Wassers dieser Provenienz halber für schädlich erklärt. Wohl sind hin und wieder Mittheilungen aufgetaucht, welche die Entstehung von gewissen Infektionskrankheiten, so von Typhus und Cholera, mit dem Genuss von Friedhofwasser in ätiologische Beziehung gebracht haben; im Lichte einer sachlichen Beurtheilung des Beobachtungsmaterials haben sich jedoch diese Angaben als unzuverlässig erwiesen. Durch ausgedehnte Erhebungen in Elsass-Lothringen und in Sachsen sind die für andere Orte bestehenden Erfahrungen bestätigt, dass die Anwohner eines Friedhofes weder nach der Häufigkeit noch nach der Art der Erkrankungen sich irgendwie anders und zumal ungünstiger verhalten als die Bewohner der fern gelegenen Grundstücke (F. Hofmann[22)]).

Nichtsdestoweniger hat es als eine Pflicht der Gesundheitspflege zu gelten, die Möglichkeit einer Veränderung des Wassers durch die Leichenbestattung und einer daraus erfolgenden Unzuträglichkeit nicht aus den Augen zu verlieren und eben dahin zu wirken, dass

die Friedhöfe unter Beachtung der für sie durch Empirie und Experiment ausgebildeten Cautelen richtig angelegt und betrieben werden. Insbesondere hat man auch schon aus ästhetischen Gründen, aus Rücksichten der Reinlichkeit volle Ursache, ein Wasser, dessen Verunreinigung mit organischen Stoffen auf eine Beeinflussung durch Leichenfäulniss hinweist, unbedingt von der Verwendung zu Versorgungszwecken auszuschliessen.

d) Die geformten Bestandtheile.

Von den nicht gelösten, schwimmenden Verunreinigungen des Wassers beanspruchen hauptsächlich die kleinsten geformten Elemente unser Interesse.

Die Befunde der mikroskopischen Wasseruntersuchung sind überaus mannigfaltig und wechselnd; im Allgemeinen zeigen sie kleinste mineralische Trümmer, thonige und sandige Partikel, Abfälle und Reste von Pflanzen- und Thierkörpern, Eier sowie Jugendzustände von Entozoen und lebende Mikroorganismen. Bald herrschen die anorganischen Beimengungen vor, bald die organischen, bald überwiegen scheinbar die organisirten Körper, gewöhnlich sind alle drei Gruppen unter den suspendirten Bestandtheilen des Wassers vertreten.

**Die Natur der schwebenden Körperchen.**

Von unorganischen Körpern findet man in Niederschlägen aus Brunnenwasser theils amorphes Eisenoxydhydrat, theils kohlensaure Kalkkrystalle, theils Fragmente von Russ, von Quarz und anderen Mineralien, die durch den Staub ins Wasser gelangt sind.

Die Abfälle und Reste von Thieren und Pflanzen stammen theils ebenfalls aus dem Staube (Fasern von Leinen, Baumwolle und Wolle, Daunenstrahlen und Gänsefedern, Pflanzenhaare, Holz- und Strohpartikel, Amylumkörnchen, viele Pilzsporen), theils aus Spülicht und Kloakenstoffen, die in die Brunnen gelangen (Mundepithel und Schleimkörperchen, Faeces, Reste von Nahrungsmitteln, Kartoffelzellen, Getreidezellen, Spiralgefässe, Fleischreste, Pilzsporen), theils von den Holztheilen der Pumpe (vermoderte Zellen von Laub- oder Kiefernholz, Borkenzellen), theils von Thieren, die im Brunnen ertrunken sind (Rattenhaare, Schmetterlingsschuppen, Fliegen- und Spinnenbeine, Chitintheile verschiedener Insekten), theils endlich von Thieren und Pflanzen, die im Brunnenwasser gelebt haben theils noch darin lebend angetroffen werden (F. Cohn[29]).

Von thierischen Parasiten hat man die Eier von distomum hepaticum, distomum lanceolatum und distomum haematobium im Wasser theils nachgewiesen, theils mit einiger Wahrscheinlichkeit

vermuthet. Die beiden erstgenannten Distomumarten kommen sehr selten beim Menschen vor, dagegen um so häufiger bei den Thieren, besonders beim Schaf. Neuere Beobachtungen von Leuckart haben dargethan, dass die Jugendzustände des Leberegels ihre Entwicklung als Parasiten kleiner Schlammschnecken (Lymnaeus minutus und Lymnaeus pereger) durchmachen. Das Distomum haematobium (Bilharzia haematobia) ist in Aegypten, Capland, Natal die Ursache der exotischen Haematurie (endemic haematuria der englischen Autoren).

Von Knoch wurde erkannt, dass sich die Embryonen von Bothriocephalus latus, des grössten der menschlichen Bandwürmer, im süssen Wasser aus den Eiern entwickeln und in den Darm der Säugethiere und des Menschen mit dem Trinkwasser übertragen werden.

Auch wurden Nematodeneier, so die von Ascaris lumbricoides im Wasser gefunden (Mosler), ferner verlebt wahrscheinlich das Anchylostomum duodenale, in welchem Griesinger die Ursache der ägyptischen (tropischen) Chlorose erkannt hat, seine Jugendzeit in schlammigem Wasser und gelangt durch Vermittelung des Trinkwassers in den Darm des Menschen.

Die eigenthümliche Krankheit, welche unter den beim Bau des Gotthard-Tunnels beschäftigten Ingenieuren und Arbeitern aufgetreten war, haben Perroncito und Concato auf den gleichen Parasiten zurückgeführt. Ebenso kann die Filaria sanguinis hominis (Bancrofti), der Erreger der Chylurie oder Hämatochylurie, wie es scheint, durch das Wasser übertragen werden (Heller[24]).

Die im Wasser vorkommenden Mikroorganismen finden darin zum Theil ihr ausschliessliches Lebensmedium, zum Theil sind sie zugleich im Stande, auf anderen Nährsubstanzen zu gedeihen und selbst in der Luft, wenn auch nur vorübergehend, sich zu erhalten.

F. Cohn[23] theilt die Befunde der im Brunnenwasser lebenden Organismen in 4 Kategorien ein: 1. Bacterien, 2. Saprophyten (Saprophilen nach Hirt), 3. Algen und Diatomeen, 4. Infusorien. Eyferth[25] hat für die Beschreibung der mikroskopischen Süsswasserbewohner folgende Gruppeneintheilung angenommen: Spaltpilze, Algen, Rhizopoden, Gregarinen, Flagellaten, Acineten, Wimperinfusorien und Rotatorien.

Im Wasser entwickeln auch Penicillium glaucum, Mucor Mucedo, Aspergillus, Fusisporium und viele andere Pilze üppig ihr Mycel ohne zu fructificiren. F. Cohn sprach die Vermuthung aus, dass unter den von ihm und Anderen im Brunnenwasser angetroffenen, meist als Leptothrix, Hygrocrocis, Leptomitus bezeichneten Fäden ein grosser Theil Mycelien von den erwähnten Arten oder von anderen, vielleicht noch unbekannten Pilzen sind.

Insbesondere während des letzten Decenniums waren die im Wasser lebenden Organismen wiederholt Gegenstand einer eingehenden Forschung, welche das typische Vorkommen gewisser Klassen und Arten von niederen Pflanzen und Thieren nachgewiesen und im Allgemeinen den Rahmen der im Wasser zu suchenden kleinsten Lebensformen begrenzt, sowie eine Reihe physiologischer Thatsachen in Bezug auf dieselben erschlossen hat. Es ist jedoch diese Aufgabe noch lange nicht erschöpft, indem nicht sowohl selbst dem Auge des erfahrenen Beobachters bisher noch nicht gesehene Formen entgegentreten können, sondern besonders auch die genauere Erkenntniss des morphologischen und biologischen Verhaltens der bekannten und in die Systematik eingereihten Organismen noch mehr und mehr zu erweitern ist.

### Die Auslegung des Befundes.

Die hygienische Bedeutung des Auftretens von schwimmenden anorganischen Körpern im Wasser ist oben schon besprochen worden.

Die Verunreinigung mit Abfällen und Resten von Pflanzen und Thierkörpern schliesst weitaus in der Mehrzahl der Fälle keinerlei Nachtheil für die Gesundheit in Hinsicht des Hervorrufens gewisser Krankheiten in sich. Freilich können dieselben bei sensibelen Leuten Störungen des Wohlbefindens und Appetits durch ekelerregende Sinneseindrücke hervorrufen. Immerhin ist das Vorhandensein einzelner dieser Beimengungen, namentlich der für Zuflüsse aus Kloaken, Latrinen, Versitzgruben u. dgl. charakteristischen, von Interesse, indem in ihnen ein Fingerzeig für die Feststellung der Provenienz der Verunreinigung des Wassers gesehen werden kann. Im Allgemeinen sprechen solche Befunde unzweifelhafter Weise dafür, dass das Wasser Auswurfstoffe enthält, über welche die natürlichen Reinigungsvorgänge noch nicht Herr geworden sind (vgl. S. 128 u. ff.).

Der Nachweis von Eiern und Jugendzuständen der Entozoen, welche auf den Menschen übertragbar sind, zeigt das thatsächliche Vorhandensein einer Gesundheitsschädlichkeit an.

Alle bis jetzt auf die Ermittelung des Verhaltens der in dem Wasser vorkommenden niederen Organismen zum Menschen gerichteten Bestrebungen haben nur wenige bleibend in den Verdacht der Gesundheitsschädlichkeit gebracht. Zunächst ist es das Abhängigkeitsverhältniss, in welchem manche dieser Organismen zu den ihnen als Nahrung dienenden organischen Stoffen im Wasser stehen und

überdies ihre Bedeutung als Erreger oder Begleiter von Fäulnissvorgängen, durch welche sie bei der Beurtheilung des Trinkwassers einiges Interesse beansprucht haben.

Lange Zeit war nahezu das Bedürfniss abhanden gekommen, unter diesen niederen Lebensformen selbst specifische Krankheitskeime oder die Erzeuger von specifischen, krankmachenden Stoffen zu suchen. Man hatte sich, wie dies z. B. aus den von F. Cohn[23], Hirt[26] u. A. vorgeschlagenen Methoden der mikroskopischen Trinkwasseruntersuchung hervorgeht, damit begnügt, an der Hand der biologischen Erfahrungen, welche über das Gebundensein der einzelnen lebenden Organismen an das im Wasser ihnen dargebotene Nährmaterial vorliegen, aus dem Befunde einen Aufschluss über den Grad der Reinheit des Wassers und über die etwa in demselben verlaufenden Fäulniss- und Gährungsvorgänge zu suchen. Wie aus unseren Erörterungen über die ätiologische Bedeutung der organischen Stoffe und der Fäulniss hervorgegangen ist, erscheint es wenig lohnend, die mikroskopische Untersuchung zum Nachweis einer solchen Verunreinigung des Wassers heranzuziehen, wenn es sich nicht gerade noch um die Ermittelung der Provenienz handelt, bei welcher dieselbe mitunter gute Dienste leistet (vgl. S. 132).

Im Uebrigen ergibt die mikroskopische Analyse zur Zeit noch ebensowenig wie die chemische sichere Kriterien für die Entscheidung der pathogenen Wirkung eines Wassers.

### Die Aufgaben und Ziele der mykologischen Forschung.

Ob die von der mykologischen Forschung noch zu ermittelnden infektiösen Krankheitserreger ausschliesslich unter den Schizophyten oder auch in einer anderen Kategorie von Mikroorganismen zu finden sein werden, lässt sich mit Bestimmtheit nicht voraussagen, wenngleich die Entstehung jener, freilich wenigen Infektionskrankheiten, deren parasitäre Natur man zweifellos festgestellt hat, auf die Wirkung von Organismen aus dieser Gruppe zurückzuführen ist. Seit man im Blute der Ratte und des Hamsters pathogene Geiselmonaden gesehen (Lewis, v. Wittich, R. Koch) und die Existenz einiger von Natur aus mit pathogenem Charakter ausgerüsteten Schimmelpilze erkannt hat (Grohe, Gaffky, Lichtheim), ist es nicht mehr angezeigt, lediglich nach den Schizophyten als muthmaasslichen Krankheitserregern zu fragen.

Gewöhnlich wird indessen der Weg für die Forschung durch einen Befund an Mikroorganismen in den Organen und Auswurfstoffen des kranken Körpers vorgezeichnet. Als pathogen sind beim Menschen auf solchen Fingerzeig hin bis jetzt sicher festgestellt worden

die Milzbrandbacillen, die septischen Bacterien, die Tuberkelbacillen, die Mikrococcen von Erysipel, von Gonorrhöe, sowie die Bacillen des malignen Oedems. Ferner hat man bei verschiedenen Krankheiten (Recurrens, Pneumonie, Variola, Diphtherie, Abdominaltyphus, ulceröser Endocarditis, Lepra u. s. w.) in den Organen beziehentlich in den Excreten der davon Befallenen Bacillen oder Mikrococcen gesehen, ohne dass es bis jetzt endgültig hätte entschieden werden können, ob diese niederen Organismen nur constante Begleiter des Krankheitsprocesses oder die Erreger desselben sind.

Für einzelne dieser Krankheiten war der parasitäre Befund in den Organen der daran Erlegenen seitens der Beobachter nicht übereinstimmend berichtet worden, so sind beim Abdominaltyphus schon wiederholt Bacterien nachgewiesen und zwar im Wesentlichen 3 verschiedene Arten beschrieben worden: Mikrococcen, kurze dicke Bacillen (Eberth, R. Koch), dann lange dünne Bacillen (Klebs, Fischel, Eppinger).

Nach Koch[27] sind die Mikrococcen und die Klebs'schen Bacillen vorerst als secundäre Erscheinungen zu betrachten, welche durch nachträgliches Eindringen dieser Mikroorganismen in die erkrankten Gewebspartien auftreten; es spreche nichts dafür, dieselben als verschiedene Entwicklungsstufen der von Eberth beschriebenen Bacillen zu bezeichnen. Die Annahme, dass die letzteren mit dem Abdominaltyphus in einem ursächlichen Zusammenhange stehen, gewinne dadurch sehr an Wahrscheinlichkeit, dass sie überall in den inneren Organen verbreitet gefunden werden, während die Klebs'schen Bacillen nur nekrotische Darmpartien in Beschlag nehmen. Indessen lasse sich eine bestimmte Entscheidung über die Bedeutung dieser verschiedenen Bacillen für den Typhus nach den bis jetzt vorliegenden Thatsachen noch nicht treffen.

Zufolge den Untersuchungen von Klebs und Tomasi-Crudeli sowie von Marchiafava und Cuboni, Griffini soll auch die Malaria eine Bacillenkrankheit sein. Der Bacillus malariae wurde in Bodenproben aus Malariagegenden, nicht aber im Wasser von Pfützen, welche über solchem Boden standen, angetroffen. Die Erfahrungen anderer Forscher (Burdel, Sternberg) lassen den ätiologischen Zusammenhang dieser Bacillen mit der Malaria noch zweifelhaft erscheinen.

Im Weiteren habe ich der Frage zu gedenken, ob es ein erreichbares Ziel ist, dass wir den mikroskopischen Befund der Wasseruntersuchung nach pathogenen und indifferenten Formen unterscheiden wollen.

Noch im Jahre 1876 gebrach es dermaassen an geeigneten Kennzeichen zur Unterscheidung der einzelnen Arten von Schizo-

phyten, dass F. Cohn (Beiträge II, 2, S. 276) es der Weiterentwicklung der Wissenschaft anheim geben musste, darüber zu entscheiden, ob die Zukunft einen genetischen Zusammenhang zwischen den Bacillen des Heues und des Milzbrandes, zwischen der Spirochäte des Sumpfwassers und der Recurrens, zwischen Mikrococcuscolonien verdorbener Trinkbrunnen oder gährender Speisen und des Typhus und der Diphtheritis wird erkennen lassen. Umsomehr müssen wir es als ein erfreuliches Zeichen der seit jener Zeit gemachten Fortschritte der mykologischen Forschung anerkennen, dass heutzutage Dank der Einführung der Färbungsmethoden (C. Weigert, R. Koch) und der Reinkultur auf festem, durchsichtigem Nährboden (R. Koch) mehr und mehr die Schwierigkeiten der morphologischen Differenzirung unter den einzelnen Arten oder Formen der Schizophyten schwinden.

Die Färbung der mikroskopischen Präparate ist nicht nur ein geeignetes Mittel, um die kleinsten Lebewesen mehr augenfällig zu machen gegenüber den nicht organisirten Elementen, sondern sie lässt den gefärbten Mikroorganismus auch in seiner Form und Gestalt schärfer hervortreten und denselben in Anbetracht des verschiedenen Färbungvermögens der einzelnen Arten gleichsam wie mit Hilfe von chemischen Reaktionen gegenüber anderen unterscheidbar werden. Die Reinkultur auf festem Nährboden bietet insofern grosse Vortheile bei der differenziellen Diagnose dar, als bekanntlich die specifisch verschiedenen Arten in der Form und Gruppirung ihrer Vegetationen sich in gleicher Weise zumeist selbst für das blosse Auge merklich von einander unterscheiden, wie die Vögel im scharenweisen Fluge oder die gesellig lebenden Ameisen auf ihren Wanderungen.

Als schönsten Erfolg der neuen Technik möchte ich die scharfe Kennzeichnung des Heubacillus gegenüber dem Milzbrandbacillus hervorheben. Während noch im Jahre 1876 F. Cohn in Anerkennung der grossen Aehnlichkeit der Form beider Bacillusarten, von welchen die einen indifferent und die anderen pathogen sich verhalten, glaubte, die Zeichnungen von Koch[28] über die Sporenbildung des Milzbrandbacillus ohne Weiteres zur Erläuterung der von ihm am Heubacillus beobachteten gleichen Zustände heranziehen zu können, besteht heutzutage über die morphologische Unterscheidbarkeit kaum mehr ein Zweifel. Ferner ist durch neuere Untersuchungen, insbesondere durch die von Koch sowie von Laptschinsky[29] festgestellt worden, dass sich sowohl die Spirochaeta plicatilis als auch die Zahnschleimspirochäte sehr wohl specifisch verschieden erweisen gegenüber der Recurrensspirochäte.

Von den bisher aufgefundenen, beziehentlich den anerkannten,

pathogenen Schizophyten sind meines Wissens noch keine im Trinkwasser als Bestandtheile nachgewiesen worden; nur in Kloakenflüssigkeiten oder in Bächen, welche durch Einleitung von Abfällen und Abwässern aller Art zur Kloake herabgewürdigt sind, oder im Schlamm aus solchen haben einige Beobachter pathogen wirkende Organismen ermittelt, bisweilen auch nur, ohne experimentelle Unterscheidung zwischen Intoxication und Infektion, vermuthet. Mit Sicherheit ist allein von Gaffky[27] der Bacillus der Kaninchenseptikämie (Davaine) im Wasser der Panke, eines durch Berlin fliessenden, wegen seiner hochgradigen Verunreinigung in übelstem Rufe stehenden Baches, aufgefunden und aus Proben desselben rein gezüchtet worden.

Die Thatsache, dass überhaupt einmal im Wasser, wenn auch in einem, dessen Verwendung zum Trink- und Hausgebrauch sich durch Geruch und Aussehen schon verbietet, pathogene Schizophyten gefunden worden sind, ist keineswegs als ein für die Beurtheilung der in den geniessbaren Wässern lebenden Mikroorganismen gleichgültiges Moment zu erachten, weil auch dieses, wie ich bereits bemerkt habe, die zur Erhaltung der Wirksamkeit geeigneten Bedingungen trotz eines geringen Gehaltes an Nährmaterial darbietet. Dieselbe regt wenigstens dazu an, nach pathogenen Formen oder Arten im Wasser zu suchen.

Wie sehr aber diese Aufgabe eine schwierige ist, geht z. B. aus der Erforschung des Milzbrandes hervor, für welchen fast allgemein angenommen wird, dass das Virus durch Ueberschwemmung von Wiesen und Weiden verbreitet werden kann, ohne dass man bis jetzt im Stande gewesen wäre, den Milzbrandbacillus oder seine Sporen im Wasser aufzufinden.

Die Frage nach der Art der Uebertragung des Infektionserregers würde indessen durch den Nachweis, dass pathogene Organismen auch in einem, zum Versorgungszweck scheinbar geeigneten Wasser vorkommen, noch nicht erledigt sein; denn obschon damit endgültig festgestellt wäre, dass das Wasser ein Träger des Krankheitskeimes ist, so bleibt doch die Controverse, ob die Aufnahme desselben in den Körper durch den Genuss oder durch den Gebrauch des Wassers erfolgt, nach wie vor bestehen, bis die epidemiologische Forschung noch auf anderem Wege Klärung bringt.

Wenn man für den Ileotyphus oder die Cholera einen specifischen Infektionserreger im Grundwasser auffinden würde, könnte diese Entdeckung wohl dafür sprechen, dass die Infektion durch Vermittelung des dem Boden entnommenen Wassers geschieht, je-

doch ohne die Möglichkeit auszuschliessen, dass auch eine Uebertragung des Krankheitskeimes durch die Grundluft stattfindet.

### C. v. Nägeli's Lehre von den niederen Pilzen.*)

Wir haben im Folgenden in Erwägung zu ziehen, ob die Gefahr, welche dem Menschen aus einem etwaigen Gehalt des Wassers an pathogenen Mikroorganismen droht, ernste Besorgniss erregen kann. Es ist umsomehr angezeigt, diese Frage hier zu erörtern, als C. v. Nägeli in seiner Lehre von den Beziehungen der niederen Pilze zu den Infektionskrankheiten und der Gesundheitspflege die Meinung ausgesprochen hat, dass diese Gefahr nur gering anzuschlagen sei.

Nach Nägeli könnten die Spaltpilze vom Speisekanal aus bloss dann Gefahr bringen, wenn sie in sehr grosser Menge ins Blut gelangten, was aber als unmöglich zu erklären sei, weil dieselben unverletzte Schleimhäute nicht zu durchdringen vermögen, weil sie überdem im Magen durch die Säure und weiterhin im Darm durch die Galle in ihrer Lebensenergie geschwächt werden und weil allfällige kleine Verletzungen der Schleimhaut ihnen viel zu beschränkte Eintrittsstellen darbieten. Im Speisekanal selbst würden sie, besonders in der geringen Zahl, in der sie dem Wasser beigemengt sind, absolut keine bemerkbaren Wirkungen haben.

Von den eigentlichen Infektionserregern, den Miasmen und den Contagienpilzen könnten lediglich die letzteren, welche indessen nur in geringer Menge ins Wasser gelangen, in höchst seltenen Fällen zur Wirkung kommen, da dieselben in der allerkleinsten Zahl Infektion zu bewirken vermögen, während die Miasmenpilze in viel (vielleicht 1000 mal) grösserer Zahl in den menschlichen Organismus aufgenommen werden müssen, um eine Wirkung hervorzubringen.

Es komme überdies in Betracht, dass die Contagienpilze nur kurze Zeit, kaum einige Tage im Wasser unverändert und wirksam bleiben, indem sie im ganz reinen Brunnen- oder Regenwasser ohne Nährstoffe durch Erschöpfung rasch verändert werden, sodass sie nun andere Wirkungen zeigen, und im nährstoffhaltigen Wasser (unreinen Brunnenwasser, Fluss- und Seewasser, Waschwasser, Küchenwasser, Abtrittflüssigkeit) sich in andere gewöhnliche Spaltpilzformen umwandeln.

Diese Behandlung der Trinkwasserfrage geht im Wesentlichen von drei Voraussetzungen aus, von deren Begründung es abhängen wird, wie wir uns bei der Prüfung des Wassers gegenüber den in denselben zu findenden Schizophyten zu stellen haben.

Nägeli nimmt erstens an, dass die Gefahr einer Infektion des Organismus durch die Einführung der Krankheitsstoffe in den Verdauungskanal sehr gering sei im Vergleich zur Einver-

*) Vgl. den Abschnitt Fermente und Mikroparasiten (Flügge) dieses Handbuches I. Thl. 2. Abthlg. 1. Hälfte.

leibung durch Einathmung oder Wunden. Dieses Argument gegen den Trinkwasserglauben ist keineswegs neu, auch A. Vogt hat in seiner Abhandlung „Trinkwasser oder Bodengase“ (Basel 1874) dasselbe in die Discussion geführt, indem er sich u. A. auf die Angaben von Fordyce und Spallanzani berief, nach welchen der Magen des Hundes schon in kurzer Zeit gefaultes Fleisch seiner Putrescenz beraube.

Zu Gunsten dieser Annahme einer sog. Desinfektionskraft des Magens spricht auch das oben mitgetheilte Ergebniss der Beobachtungen von Billroth, Stich, F. Schwenniger, Hemmer, v. Bergmann, Emmerich u. A., aus welchen hervorgeht, dass man dem Magen von Thieren grössere Gaben von Faulstoffen ohne Störung des Wohlbefindens einverleiben kann.

Die genannten Angaben sind zwar von späteren Beobachtern wiederholt anerkannt, jedoch auch durch gegentheilige Erfahrungen wiederum in ihrer Tragweite beschränkt worden. Es haben sich Renault, Colin, O. Bollinger, R. Koch, H. Buchner (Milzbrand), G. Gaffky (Septikämie) u. A. mit dieser Frage, zumeist bei Gelegenheit anderer mykologischer Arbeiten, befasst. Auf Grund der neueren Beobachtungen ist man nicht weiter berechtigt, aus dem Misserfolg des Experiments den Schluss zu ziehen, dass die Gefahr einer Infektion vom Darm aus eine sehr geringe ist, denn es hat sich herausgestellt, dass nur gewisse Thierspecies sich bei dieser Applicationsweise sehr widerstandsfähig (immun) verhalten. Weiterhin wurde erkannt, dass es wesentlich darauf ankommt, ob man mit einem, nur Bacillen enthaltenden Infektionsmaterial oder ob man mit Sporen experimentirt (R. Koch[28]). Von H. Buchner[30] wurde constatirt, dass Milzbrandsporen leichter vom Darm aus inficiren als Stäbchen.

Die mit Faulstoffen ausgeführten älteren Versuche können einen untrüglichen Aufschluss nicht geben, weil sie theils ein strenges Auseinanderhalten zwischen Erregern und Produkten der Fäulniss, theils die unentbehrliche Sichtung des mikroparasitären Infektionsmaterials nach pathogenen und indifferenten Formen vermissen lassen.

Das Ergebniss der späteren Beobachtungen über das Verhalten der pathogenen Schizophyten harmonirt besser als das der früheren mit der Thatsache, dass es Infektionskrankheiten gibt, bei welchen die auf eine primäre Darmaffektion hinweisenden häufigen Leichenbefunde zu der Annahme überreden, dass die Infektion nicht etwa selten vom Darme aus stattfindet, und zwar gilt dies z. B. von dem Milzbrand und der Tuberkulose. Von anderen Infektionskrankheiten, welche auf den Darmkanal örtlich beschränkt sind, wie den sog.

Darmmykosen und der Dysenterie, darf man geradezu überzeugt sein, dass die Infektion durch Begleiter der Ingesta erfolgt.

R. Koch hat in seiner letzten Abhandlung über Milzbrand[27] sich dahin erklärt, dass alle Thatsachen dafür sprechen, dass ausser den von der Körperoberfläche vermittelten Infektionen die übergrosse Mehrzahl der spontanen Milzbrandfälle auf eine Infektion vom Darm aus zurückzuführen sei. Alle übrigen Infektionsarten, wie die von den Respirationsorganen aus, diejenigen von Verletzungen der Schleimhäute träten gegen die vom Darm ausgehenden ganz in den Hintergrund. Schon die beim Menschen beobachteten Milzbrandformen sprächen für diese Auffassung; meistens handele es sich allerdings beim Menschen um Infektion von Verletzungen der Körperoberfläche, aber daneben sei schon eine beträchtliche Zahl unzweifelhafter Fälle von Darmmilzbrand constatirt.

Bei dem heutigen Stande der Pathologie müssen wir es zum mindesten als verfrüht bezeichnen, in Thierversuchen, welche eine sehr geringe Empfänglichkeit des Organismus für die ihm auf den Verdauungswegen einverleibten Infektionsstoffe darthun, beweiskräftige Thatsachen gegen die Vermuthung einer pathogenen Rolle des Trinkwassers sehen zu wollen. Aber selbst wenn durch Erfahrungen am Menschen die vorliegende Frage ihre endgültige Erledigung zu Gunsten der Nägeli'schen Auffassung fände, würde diese Entscheidung weniger einen Beweis gegen die Annahme liefern, dass das Wasser überhaupt zum Träger von Infektionserregern werden kann, als eine Beruhigung der Gemüther in Hinsicht der aus dem Trinken des Wassers drohenden Gefahr in sich schliessen, indem sie uns sagen könnte, dass dem menschlichen Organismus wenigstens gegen diese von der Natur ein Schutz verliehen ist.

Nägeli geht von der weiteren Voraussetzung aus, dass die Menge, in welcher die bei der Infektion betheiligten Organismen in den Körper eingeführt werden, von hervorragendem Belang sei. Es ist hier nicht der Ort, den Werth oder Unwerth der von diesem Forscher aufgestellten diblastischen Theorie zu beleuchten, wonach die sog. miasmatisch-contagiösen Krankheiten (Cholera, Typhus) auf einer durch Aufnahme von Miasmenpilzen geschehenden Vorbereitung des menschlichen Körpers für die Infektion mit Contagienpilzen beruhen, während die sog. miasmatischen Krankheiten (Malaria) auf die alleinige Wirkung von Miasmenpilzen zurückzuführen seien und auch miasmatisch-contagiöse Krankheiten in der Weise spontan entstehen, dass einzelne Miasmenpilze sich in Contagienpilze verwandeln. Eine Erörterung dieser Hypothese mag anderen Abschnitten des Handbuches vorbehalten sein. Uns interessirt hier nur die geradezu willkürliche, in keiner Weise mit der praktischen Erfahrung und dem

Experiment zu begründende These, dass von den Miasmenpilzen sehr viele und von den Contagienpilzen nur wenige zur Infektion erforderlich sind.

Alle neueren Erfahrungen der Untersuchungstechnik lassen erkennen, dass zur Uebertragung von Infektionskrankheiten eine verhältnissmässig geringe Quantität wirksamer Bacillen oder Sporen genügt, wenn auch manche pathogene Bacterien in grösserer Menge als andere dem Versuchsthiere beigebracht werden müssen. Allerdings ist bekannt, dass je nach der Applicationsstelle die Dosis verschieden stark zu wählen ist, um einen Erfolg zu erzielen.

In dieser Hinsicht gewinnen u. A. Beobachtungen von Feser[31] und von R. Koch[32] Interesse: Nach Feser vertragen einzelne Individuen einer für Milzbrand sehr empfänglichen Thierart (Schafe, Kaninchen, Mäuse) ohne allen Nachtheil die Impfung mit geringen Quantitäten der durch Controlversuche für wirksam befundenen Anthraxsporen, aber diese unwirksam gebliebene Einverleibung des Milzbrandvirus schützt sie nicht vor späterer, tödtlich verlaufender Erkrankung nach Einverleibung grösserer Mengen desselben Infektionsstoffes. Koch fand bei der Einführung des Tuberkelbacillus in die vordere Augenkammer, dass die Infektion mit sehr vielen Bacillen eine schnellverlaufende allgemeine Miliartuberkulose, jedoch die Einimpfung nur vereinzelter Bacillen eine lange Zeit auf das Auge beschränkte Entwicklung von Tuberkeln und Phthisis des Bulbus erzeugt.

Bei der hygienischen Beurtheilung von toxisch oder fermentativ wirkenden chemischen Körpern ist man gewiss berechtigt, mit v. Pettenkofer[33] anzunehmen, dass für jedes Gift (oder Ferment) es einen Grad der Verdünnung gebe, bei welchem dasselbe unwirksam wird. Eine Uebertragung dieses Satzes auf die organisirten Krankheitserreger, die Infektionsstoffe, ist aber nur unter gewissen Beschränkungen zulässig, weil eine einzige Spore oder ein einzelner Bacillus, — wenn in entwicklungsfähigem Zustande, sowie an einer zur Keimung und Vermehrung günstigen Stelle in den menschlichen Organismus eingedrungen — noch ebensogut krankmachend wirken kann als die Invasion in grösserer Menge.

Allerdings muss man Nägeli zugeben, dass die Chancen für den Erfolg des Angriffs grösser sind, wenn viele Infektionserreger, als wenn nur vereinzelte auf irgend einem Uebertragungswege gegen den Körper anstürmen, ähnlich wie der Schrotschuss gegenüber dem Büchsenschuss unter Umständen an Treffsicherheit etwas voraus hat.

Was schliesslich den dritten Punkt in Nägeli's Voraussetzungen, die im Wasser erfolgende Umänderung der Infektions-

stoffe zu indifferenten Organismen anlangt, so kann man sich deren Zustandekommen nur damit erklären, dass Nägeli, als er diese Meinung kundgab, sich weder mit den Erfahrungen F. Cohn's über die Sporenbildung der Schizophyten noch mit der Entdeckung R. Koch's von der Sporenbildung des Milzbrandbacillus und der von den genannten Forschern für diese sog. Dauersporen nachgewiesenen grösseren Widerstandsfähigkeit gegen äussere Einflüsse vertraut gemacht hatte.

Die Annahme, dass der Wasserüberschuss allen für andere Medien adaptirten Mikroparasiten im hohen Grade verderblich sei und die specifisch gezüchteten ihrer Eigenschaft beraube (Wernich), kann nur insoweit als erwiesen gelten, dass Bacillen, wenn sie in einem Wasser eingebettet sind, welches ihnen nicht die geeigneten Lebensbedingungen darbietet, wie in jedem anderen derart ungünstigen Medium schliesslich absterben. Hätte das Wasser als solches oder wegen seiner Armuth an Nährmaterial wirklich die Eigenschaft, den Schizophyten so leicht verderblich zu werden, so wären die Kulturversuche bei der mykologischen Wasseruntersuchung sicherlich nicht schon mit einem oder wenigen Tropfen eines scheinbar reinen Trinkwassers von Erfolg und würde es nicht schon wiederholt beobachtet worden sein, dass selbst die aqua destillata des Laboratoriums entwicklungsfähige Keime enthält.

Zum mindesten bleibt den Bacillen in einem solchen Wasser die Fortpflanzungsfähigkeit für einige Tage erhalten und muss es als eine untrügliche Thatsache angesehen werden, dass die Dauersporen den Aufenthalt im Wasser, also auch den Wasserüberschuss, sehr wohl ertragen. So ist für die Milzbrandsporen von R. Koch nachgewiesen, dass dieselben durch eine mehrmonatliche Aufbewahrung in destillirtem Wasser und im reinen Leitungswasser nicht nur ihre Fortpflanzungsfähigkeit, sondern auch ihre Infektiosität nicht einbüssen, d. h. im Impfversuche nichts anderes als den typischen Milzbrand erzeugen.

Ist es aber überhaupt erforderlich, dass das Wasser, um pathogene Wirkungen beim Gebrauch hervorzurufen, in sich die geeigneten Bedingungen zur Entwicklung und Fortpflanzung der Krankheitskeime trage? Meines Erachtens wäre das Wasser dazu schon dann geeignet, wenn es als zufälliger Träger von pathogenen Lebewesen nicht diese während der Uebertragung auf den Menschen zu Grunde gehen lässt oder in ihrer Wirksamkeit schwächt. Gewöhnlich bietet auch das Grundwasser, wenn dessen Wärme der mittleren Jahrestemperatur der Erdoberfläche am Orte der Entnahme entspricht,

nicht jene Wärmeverhältnisse dar, bei welchen Schizophyten mit Vorliebe sich vermehren und gedeihen, woraus sich vermuthen lässt, dass ein solches Wasser, wenn es überhaupt mit den Infektionskrankheiten durch seine mikroskopischen Bewohner ätiologische Beziehungen hat, für die Mikroparasiten häufiger lediglich den Träger als die Brutstätte abgeben wird.

**Die Umänderung indifferenter Organismen zu pathogenen.**

Trotz seiner entschiedenen Stellungnahme gegen die Trinkwassertheorie in der Aetiologie des Typhus hat doch C. v. Nägeli den Anhängern derselben durch die Lehre von der Anpassung neue, wenn auch nicht gerade scharfe Waffen geliefert.

„Die Spaltpilzformen verwandeln sich in einander. Die Miasmenpilze entstehen unter den günstigen Bedingungen aus den Fäulnisspilzen oder anderen allgemein verbreiteten Spaltpilzen und gehen unter entgegengesetzten Bedingungen wieder in diese über. — Die Contagienpilze, deren Wohnstätte der Organismus ist und die regelmässig aus dem kranken in den gesunden übertreten, werden, so wie sie dauernd in äusseren Medien leben und sich fortpflanzen, zu gewöhnlichen Spaltpilzen. Es muss auch das Umgekehrte vorkommen; die Contagienpilze müssen aus den letzteren entstehen können.“

Es liegt keineswegs fern, dass Andere diese Hypothese, deren sich Nägeli selbst als Argument gegen die Trinkwasserinfektion bedient hat, noch zu Gunsten derselben später nutzbar machen werden, indem sie zwar mit ihm bestreiten, dass jede parasitäre Krankheit ihre besondere, beständige Pilzspecies d. h. morphologisch ziemlich gut unterscheidbare Schizophytenform von der Constanz einer Species habe, aber annehmen, dass sich die unschädlichen Schizophyten im Wasser unter gewissen Bedingungen in gefährliche Infektionskeime — durch Uebergang in morphologisch verwandte Formen oder durch Aenderung ihres physiologischen Charakters — verwandeln können.*) Wer vermag bei dem heutzutage noch bestehenden Drange zur speculativen Behandlung epidemiologischer Fragen uns vor solchen Consequenzen der Nägeli'schen Anpassungstheorie zu schützen? Nägeli selbst nimmer, obwohl er ausdrücklich den Umzüchtungsvorgang so gelehrt hat, dass derselbe nicht von heute auf morgen erfolge, sondern

*) In neuester Zeit interpretirte H. Buchner (C. v. Nägeli, Untersuchungen über niedere Pilze. München 1882. S. 231) die Nägeli'sche Lehre dahin, dass nicht die Verschiedenartigkeit der Krankheitspilze damit in Abrede gestellt sei, sondern nur die Constanz der Merkmale, und dass Nägeli, entsprechend dem naturhistorischen Begriff „Species“, eine Beständigkeit im Auge gehabt habe, die sich nach der Dauer der Erdperioden bemisst. (Bezüglich dieser neuen Wendung der Controverse vgl. F. Hueppe a. a. O. im Nachtrag.)

unbedingt grössere Zeiträume erfordere. Die Möglichkeit einer derartigen mit der Zeit, im Laufe von Jahren sich vollziehenden morphologischen und physiologischen Veränderung der Mikroorganismen lässt sich nicht in Abrede stellen, jedoch ist die Vorstellung derzeit noch in keiner Weise gerechtfertigt, dass in der Natur eine Anzüchtung der Virulenz, der Uebergang aus unschädlichen in schädliche Lebensformen in einer Anzahl von Generationen vor sich geht.

Dass man nicht gar weit davon entfernt ist, den Glauben an die Anpassung, im Widerspruch mit deren Entdecker auf die im Wasser vorkommenden indifferenten Schizophyten zu übertragen, zeigt die von Wernich seit etwa zwei Jahren vertretene Meinung, dass der Ileotyphus durch Invasivwerden von parasitisch accomodirten Fäulnissbacterien entstehe.

Wernich[34)] denkt sich den Infektionsvorgang so, dass entweder die Kothbacterien, welche auch beim gesunden Menschen den Dickdarm in reichlichen Mengen bewohnen, in Folge von Störungen im Ablauf der Dünndarmgährungen über die Ileocöcalklappe nach höher gelegenen Darmabschnitten gelangen und unter solchen heterotopen Verhältnissen sich pathogen anzüchten, oder dass von aussen, z. B. mit dem Trinkwasser, schon hoch vorgezüchtete Fäulnisserreger auf den ersten Wegen in den Dünndarm einwandern.

Es hat übrigens an thatkräftigen Bestrebungen nicht gefehlt, auf experimentellem Wege den Beweis für die Existenz einer Anpassung zu führen. Einige der in dieser Richtung ausgeführten Untersuchungen (Wernich, H. Buchner, M. Wolff, Grawitz u. A.) waren scheinbar von glücklichem Erfolg, jedoch hat sich das Versuchsergebniss im Lichte der von der gegnerischen Seite geübten Kritik bisher nicht als stichhaltig erwiesen. Freilich sprechen die Angaben von Toussaint und Pasteur über die experimentelle Abschwächung der Virulenz der Milzbrandbacillen und die darauf gegründete Schutzimpfung mit Entschiedenheit dafür, dass es für den Milzbrandbacillus eine Degenerirung hinsichtlich der Ansteckungsfähigkeit, also eine Herabsetzung der physiologischen Funktionen gibt, aber es liegt darin weder ein Beweis für die Annahme einer labilen Formbeständigkeit, einer Umzüchtung im Sinne der Morphologie, noch für das Vorkommen einer Anzüchtung pathogener Eigenschaften.

Noch ist der Kampf der um diese, sowohl für die Epidemiologie als auch für die praktische Gesundheitspflege, hochwichtige Frage geführt wird, nicht zu Ende, aber es mehren sich von Tag zu Tag, als Frucht einer mit Sorgfalt und Geschick ausgebildeten Technik der mykologischen Untersuchung, die Thatsachen, auf welchen sich weiter bauen lässt. Die erfreulichen Fortschritte der jüngsten Zeit

erinnern uns an ein mahnendes Wort von F. Cohn[35], dem die exakte Forschung auf diesem Gebiete ihre Grundlage verdankt:

„So lange man nicht zwischen Bacterien und Bacterien unterschied und an den Satz glaubte, dass aus einer beliebigen Schimmelspore alle übrigen Schizomyceten und Mycelpilze hervorgehen können, so lange konnte auch die Contagienfrage keine wissenschaftliche Grundlage gewinnen. Der erste Schritt zum Fortschritt war gethan, als man die pathogenen Bacterien von den saprogenen zu unterscheiden versuchte und zugleich nachwies, dass die überall verbreiteten Bacterien der Fäulniss das Contagium nicht erzeugen sondern vielmehr zerstören." (F. Cohn 1872. Beiträge I, 2, 211.)

Für die Deutung des Befundes der mykologischen Untersuchung des Wassers, ist es von einiger Tragweite, dass eine Klärung der vorliegenden Controverse in dem einen oder anderen Sinne erfolgt. Solange es an unwiderleglichen Beweisen für die durch Umwandlung von sonst indifferenten Spaltpilzen in pathogene drohende Gefahr fehlt, scheint es nicht angezeigt gegenüber den, selbst im einen Quellwasser nahezu als regelmässiger Befund auftretenden Spaltpilzen ängstlich zu sein, was zumal der praktischen Erfahrung widersprechen würde. Die Möglichkeit, dass die mykologische Forschung unter den bisher als unschuldig geltenden Formen auch solche mit pathogenem Charakter noch herausfinden werde, lässt sich zwar nicht leugnen, indessen ist die Wahrscheinlichkeit doch sehr gering.

Uebrigens darf man sich nicht der Hoffnung hingeben, dass mit einer Entscheidung des Streites um die Anpassung zu Gunsten der Forschungsrichtung, welche sich den specifischen Krankheitskeim nach Form und Wirkung typisch und constant vorstellt, für die Technik der Wasserprüfung die bestehenden Schwierigkeiten mit einem Schlage beseitigt sein würden. Es bliebe immerhin noch eine Lücke in der Erkenntniss der äusseren Merkmale zur Unterscheidung der pathogenen Schizophyten von den indifferenten.

Vorerst, namentlich ehe die Fertigkeit im Nachweis der von der Wissenschaft als pathogen anerkannten Mikroorganismen Gemeingut der mit Wasseruntersuchungen Betrauten geworden ist, steht zu befürchten, dass mit den Erfolgen der mykologischen Forschung im Auffinden pathogener niederer Lebensformen die Furcht vor einer Beschädigung des Menschen durch die mit dem Trinkwasser eingeführten Schizophyten noch mehr übertrieben werden wird, als dies bisher schon geschehen war.

### *Die indirekte Begründung ätiologischer Beziehungen.*

Unsere Betrachtungen über die hygienische Bedeutung der einzelnen Wasserbestandtheile zeigen, wie sehr es noch an einem direkten

Nachweis der Schädlichkeiten gebricht, deren Vorkommen im Wasser man fürchtet. Da für die Mehrzahl der in Frage stehenden Krankheiten die Erkenntniss des Wesens der krankheiterregenden Potenz vermisst wird, kann in der Beobachtungspraxis die Untersuchung des Wassers uns keinen strikten Beweis liefern. Nicht einmal vermag die Analyse uns anzugeben, ob das Wasser Bestandtheile enthält, welche zwar keine Krankheit hervorrufen, aber doch geeignet sind, die Widerstandsfähigkeit gegen krankmachende Einflüsse herabzusetzen und so in der Pathogenese als Hilfsursache zu wirken.

Es erübrigt, dass ich noch in kurzen Umrissen darlege, wie es um die indirekte Begründung der angenommenen Abhängigkeit der Krankheiten vom Trinkwasser bestellt ist, welche sich vorwiegend in Erhebungen über die Verbreitungsweise von Typhus und Cholera bisher bethätigt hat.

Die Beweisführung stützt sich, wie früher schon angedeutet worden ist, auf Mittheilungen aus der praktischen Erfahrung, nach welchen an den von Seuchen heimgesuchten Orten eine grössere Anzahl der aus der gleichen Bezugsquelle, z. B. einem Brunnen, mit Trinkwasser versorgten Personen erkrankt ist, während die von der Krankheit verschont gebliebenen Ortsbewohner zum grösseren Theil ein anderes oder kein Wasser getrunken hatten. Von Seiten der Gegner sind die nach dieser Richtung gemachten Beobachtungen, so sehr auch einzelne derselben zu Gunsten des Trinkwassereinflusses zu sprechen scheinen, als beweiskräftig nicht anerkannt worden, theils weil sich in der Mehrzahl der Fälle der Seuchenherd mit dem Trinkwasserbezirk nicht genügend deckte, theils weil zum mindesten ebenso zahlreiche Thatsachen der Beobachtung keinerlei Beziehungen zwischen der Verbreitungsweise der Krankheit und der Wasserversorgung erkennen liessen.

Manche haben schon aus dem Umstande, dass bei Seuchen nach dem Schliessen eines verdächtigen Brunnens die Erkrankungsfrequenz zurückgegangen war, den Schluss gezogen, dass auch thatsächlich das Wasser die Krankheitsursache enthalten habe. Derartige Erfahrungen sind nicht geeignet, die vermuthete ätiologische Rolle des Wassers klar zu stellen, weil sich in keinem Falle entscheiden lässt, ob nicht zufällig das naturgemässe, spontane Zurückgehen der Seuche zu der Zeit eingetreten war, in welcher eine Wirkung des sanitätspolizeilichen Eingreifens erwartet werden konnte. Jedenfalls ist aber der Ausschluss eines verunreinigten Wassers vom Consum, wo derselbe möglich ist, eine anerkennenswerthe sanitäre Maassnahme, welche nicht minder zu seuchefreien Zeiten geübt werden sollte.

Beobachtungen dieser Art erlangen nicht etwa dadurch Beweiskraft, dass auch durch die Analyse eine starke Verunreinigung im verdächtigen Wasser nachgewiesen worden war. Die oben mitgetheilten Erfahrungen von Flügge und Port über das Verhältniss der Typhusfrequenz zur Wasserbeschaffenheit warnen davor, im Reinlichkeitszustand des Brunnens ein Argqment für die ätiologische Beweisführung zu suchen.

Die epidemiologische Forschung hat sich nicht damit begnügt, nur die Art des Auftretens und der Verbreitung der Krankheiten ins Auge zu fassen, sie hat vielmehr auch in seuchefreien Zeiten der Beschaffenheit des Wassers gewissenhafte Beobachtungen zu Theil werden lassen, um aus einem Vergleiche der Schwankungen in der Zusammensetzung des Wassers und dem Gesundheitszustande der Bevölkerung zu einer Erkenntniss jener örtlichen und zeitlichen Bedingungen zu gelangen, an welche das Auftreten der Krankheiten gebunden zu sein scheint.

Einer unermüdlichen Hingabe zum Trotz ist es noch nicht gelungen, die fraglichen Beziehungen des Wassers zu Typhus und Cholera über allen Zweifel festzustellen oder dasselbe von dem Verdachte der Mitwirkung in einer allgemein anerkannten Begründung endgültig freizusprechen. In neuerer Zeit hat man wiederholt versucht, die in Hinsicht der ätiologischen Bedeutung des Trinkwassers bestehende Controverse mittelst der Annahme zu begleichen, dass der Infektionsvorgang bald durch die Ingesta, bald durch die eingeathmete Luft, bald durch direkte oder indirekte Berührung mit dem Kranken, demnach sowohl durch Trinkwasser als auch durch Grundluft und Nutzwasser stattfinde. Leider lassen sich wissenschaftliche Streitfragen auf dem Vergleichswege nicht abthun; die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit vermag ich nicht zu bestreiten, dass weitere Beobachtungen zur Ueberzeugung von der Unhaltbarkeit des exclusiven Standpunktes der einen oder anderen Auffassung führen werden.

Viele erachten noch die Versorgung einer Gemeinde mit einem besseren Trinkwasser als ein vorzügliches Mittel zur Bekämpfung der Infektionskrankheiten und insbesondere des Typhus und der Cholera. Zwar fehlt es nicht an mehr oder weniger sorgsamen Aufzeichnungen der Erkrankungs- oder Sterbeziffern von Städten vor und nach der Einführung eines guten Trinkwassers:

Es liegen u. A. Mittheilungen vor, welche zu dem Glauben überreden, dass thatsächlich die neue Wasserversorgung gegenüber den Infektionskrankheiten einen wesentlichen sanitären Erfolg aufzuweisen

hat. Solchen Beobachtungen stehen aber andere entgegen, welche entweder an sich ein gegentheiliges oder wenigstens ein derartiges Zahlenergebniss gehabt haben, dass bei näherer Erwägung der gegebenen Verhältnisse sich kein beweiskräftiges Material zu Gunsten des Wassers daraus hat entnehmen lassen.

Statistische Erhebungen dieser Art verlangen für die Verwerthung der sich ergebenden Zahlen, wenn sie nicht zu Trugschlüssen führen sollen, eine kritische Behandlung. Die Erfahrung lehrt, dass die Infektionskrankheiten auch ohne sichtliche Aenderung der lokalen Verhältnisse an sich einen Wechsel in der Frequenz zeigen, dass sie selbst auf Zeiten ganz verschwinden, wie die Cholera, und mit grösserer oder geringerer Intensität wiederkehren. Die Beobachtung muss sich daher auf grosse Zeiträume erstrecken, wenn sie einigermaassen auf Verlässlichkeit des Ergebnisses Anspruch haben soll. Im Laufe einer Anzahl von Jahren ändert und bessert sich aber Manches in den lokalen Verhältnissen, was erfahrungsmässig von grösserem oder geringerem Einflusse auf die Entstehung und Verbreitung der Infektionskrankheiten und überhaupt von Belang für den allgemeinen Gesundheitszustand ist. So ist für manche Städte eine Abnahme der Typhusfrequenz ohne eine Verbesserung des Wassers nachgewiesen und gilt dies namentlich für München, wo die Typhussterblichkeit seit 20 Jahren um mehr als 50 Procent, noch vor Inangriffnahme der neuen Wasserleitung zurückgegangen war, was zum Theil auch den Fortschritten in der Therapie zu verdanken ist.[36)]

Zu einiger Vorsicht in der Beurtheilung eines für einen guten Erfolg der Wasserversorgung sprechenden Ergebnisses der Beobachtung mahnt überdies die Thatsache, dass Städte bekannt sind, welche auch nach Einführung eines tadellosen Trinkwassers noch von Typhusepidemien heimgesucht waren.

## Schlussfolgerungen für die Versorgungspraxis.

Der hier vorliegende Widerspruch der Meinungen ist aber keineswegs dazu angethan, das Ansehen der Wasserversorgung als Mittel zur Assanirung der menschlichen Wohnstätten zu schmälern; denn selbst die ausgesprochenen Gegner der sog. Trinkwassertheorie messen dem Wasser eine hohe sanitäre Bedeutung bei, wenn auch unter Betonung seines Werthes für die Ernährung und als Mittel zur Uebung der Reinlichkeit in jeder Richtung.

Trotz der vorläufigen Zurückweisung der Annahme, dass in der

Reinheit des Wassers ein wirksames Schutzmittel gegen Typhus und Cholera geboten sei, wird von dieser Seite auf das Wärmste für die Beschaffung eines reinen Wassers, und zwar sowohl zum Trinken und Hausgebrauch als auch zu Nutzzwecken, in der Ueberzeugung eingetreten, dass die Wasserversorgung ein wichtiges Glied in der Reihe der sanitären Reformen ist, welche in Angriff zu nehmen sind, um die Erkrankungs- und Sterbeziffern der Gemeinden auf den normalen Stand herunterzudrücken.

Aber gerade weil sie nur einen Theil dessen, was noch zu thun und zu leisten ist, ausmacht, gilt es auf der anderen Seite, eine Uebertreibung in den Ansprüchen an die Qualität des Wassers zurückzuweisen, also Maass und Ziel zu halten und über dem Verlangen nach dem reinsten Wasser der Gegend nicht die Bedeutung der Quantität zu vergessen. Ja es ist unter Umständen, zumal bei beschränkten Mitteln der Gemeinden, unbedingt rathsam, mit dem Kostenaufwand für die Wasserversorgungsanlagen etwas haushälterisch vorzugehen, damit nicht eine ideale meilenweite Quellenleitung allein soviel von dem nur verfügbaren Gelde verschlingt, dass für die Ausführung der anderen Assanirungsaufgaben wenig oder gar nichts übrig bleibt.

Wenn wir hier absehen von der wissenschaftlichen Seite der vorliegenden Streitfrage, für deren vollständige Lösung und endgültige Erledigung zur Zeit es noch an Materialien fehlt, so lässt sich immerhin mit Bestimmtheit sagen, dass in praktischer Hinsicht die Stellungnahme der Gegner der Trinkwassertheorie entschieden den Vorzug verdient, weil sie einerseits nichts versprechen, wofür sie keine sichere Gewähr leisten können, und andererseits durch das Aufstellen gleich hoher Ansprüche an die Reinheit des Nutzwassers eine grössere Vorsicht gegenüber den noch fraglichen pathogenen Eigenschaften des Wassers üben, als die eigentlichen Verfechter derselben.

Die Zurückhaltung im Versprechen von Erfolgen hinsichtlich der Besserung des allgemeinen Gesundheitszustandes der Bevölkerung ist schon aus dem Grunde angezeigt, weil die Typhusmortalität nur einen verhältnissmässig geringen Bruchtheil der Gesammtsterblichkeit ausmacht, sodass die Verwirklichung der versprochenen Herabsetzung der Typhusfrequenz wenig in die Augen fallen würde. In München beträgt die Typhussterblichkeit im Durchschnitt höchstens 3,5 Procent der Gesammtmortalität.[36]

Insolange diese vorsichtige Haltung im Anpreisen der Vortheile von neuen Wasserleitungen nicht zu einer Unterschätzung von Gefahren und zu einer Gleichgültigkeit in der Auffassung des Nutzens des Wassers für die Förderung und Kräftigung des allgemeinen Gesundheitszustandes führt, verdient sie unbedingt den Vorzug und ist es

v. Pettenkofer und den Anhängern seiner Lehre geradezu als ein hohes Verdienst anzurechnen, dass sie die Anregung dazu gaben, dieser praktischen Frage ohne Voreingenommenheit näher zu treten. Die sanitären Werke, deren Ausführung die öffentliche Gesundheitspflege den Gemeinden zum Wohle der Bevölkerung vorschreibt, lassen sich hinsichtlich ihrer Nothwendigkeit ausreichend begründen, auch ohne dass eine sichere Anwartschaft auf die Beseitigung bestimmter Krankheitsformen oder auf die Abnahme der Frequenz derselben gegeben zu werden braucht. Die mit der Zeit auftretenden Fortschritte der epidemiologischen Forschung werden meines Erachtens im Wesentlichen nichts an den Gesichtspunkten ändern, welche die Hygiene der Gesundheitstechnik für die Anlage und den Betrieb von Wasserversorgungen bereits gegeben hat.

---

**Literatur.** 1) C. v. Voit, Physiologie des allgemeinen Stoffwechsels u. der Ernährung. Leipzig 1881. S. 345 u. ff. — E. F. v. Gorup-Besanez, Lehrb. d. physiologischen Chemie. 4. Aufl. Braunschweig 1878. — Hoppe-Seyler, Physiologische Chemie. Berlin 1881. S. 28 u. ff. — J. Forster, Ernährung u. Nahrungsmittel. Handbuch d. Hygiene und der Gewerbekrankheiten. Leipzig 1882. I. Thl. Abthl. I. S. 55. — C. v. Voit, Untersuchung d. Kost in einigen öffentlichen Anstalten. München 1877. — J. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel. Berlin 1880. — 2) J. Forster, Beiträge zur Ernährungsfrage. Zeitschr. f. Biologie 1873. IX. S. 387. — 3) v. Pettenkofer, Vortrag über Wasserversorgung. Deutsche Revue der Gegenwart 1878. 2. Jahrg. 8. Hft. — 4) Bericht über die Erhebungen d. Wasserversorgungs-Commission des Gemeinderaths der Stadt Wien. Wien 1864. — 5) F. Tiemann und C. Preusse, Ueber d. Nachweis d. org. Subst. im Wasser. Berichte d. D. chem. Ges. 1879. XII. S. 1906. — 6) E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Halle 1880. — 7) C. Flügge, Die Bedeutung von Trinkwasseruntersuchungen für die Hygiene. Zeitschr. f. Biologie 1877. XIII, und Die Verunreinigung des städtischen Bodens, in C. Flügge's Beiträgen zur Hygiene. Leipzig 1879. — 8) J. v. Fodor, Boden u. Wasser. (Hygienische Untersuchungen 2. Abthl.) Braunschweig 1882. — 9) O. Reich, Die Salpetersäure im Brunnenwasser. Berlin 1868. — 10) C. Bulk, Beziehungen zwischen Ruhrkrankheit und Beschaffenheit des Genusswassers etc. Correspondenzbl. d. niederrh. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege 1876. V. S. 45. — 11) Port, Ueber das Vorkommen des Abdominaltyphus in der kgl. bayer. Armee. Zeitschr. f. Biologie 1872. VIII. S. 475, und Die Münchener epidemiologische Schule. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspfl. 1882. XIV. S. 153. — 12) M. Popper, Ueber die Schwankungen im Kohlensäuregehalte des Grundwassers. Zeitschr. f. Biologie 1879. XV. S. 589. — 13) F. Cohn, Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau 1872. 2. Hft. S. 194. — 14) Nencki, Ueber die Lebensfähigkeit der Spaltpilze bei fehlendem Sauerstoff. Chem. Centralbl. 1879. S. 442. Berichte d. D. chem. Ges. 1879. — 15) A. Wernich, Die aromatischen Fäulnissprodukte in ihrer Wirkung auf Spalt- und Sprosspilze. Virchow's Archiv 1879. Bd. 78. S. 51. — 16) F. Hueppe, Ueber einige Vorfragen zur Desinfectionslehre. D. Militärärztl. Zeitschr. 1882. — 17) R. Emmerich, Die Einwirkung des verunreinigten Wassers auf die Gesundheit. Zeitschr. f. Biologie 1878. XIV. S. 563. — 18) A. Hiller, Ueber extrahirbares, putrides u. septikämisches Gift. Centralbl. f. Chirurgie 1876. Nr. 14 u. 15. — 19) J. A. Rosenberger, Experimentelle Studien über Septikämie. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften 1882. Nr. 4. — 20) M. J. Rossbach, Ueber Vermehrung d. Bacterien im Blute lebender Thiere nach Einverleibung eines chemischen organismenfreien Fermentes. Centralbl. f. d. med. Wissenschaften 1882. Nr. 5. — 21) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. — 22) F. Hofmann, Ueber die hygienischen Anforderungen an Anlage u. Benutzung von Friedhöfen. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheits-

pflege 1882. XIV. 1. Hft. S. 21. — 23) F. Cohn, Beiträge etc. Breslau 1875. I. Hft. 1. S. 108, Ueber den Brunnenfaden mit Bemerkungen über die mikroskopische Analyse des Brunnenwassers. — 24) A. Heller, Invasionskrankheiten. v. Ziemssen's Handbuch der spec. Pathol u. Therapie. III. 2. Aufl. 1876, und Die Schmarotzer. Naturkräfte. 30. Bd. München 1880. — 25) B. Eyferth, Die mikroskopischen Süsswasserbewohner. Braunschweig 1877. — 26) L. Hirt, Ueber die Principien und die Methode der mikroskopischen Untersuchung d. Wassers. Zeitschr. f. Biologie 1879. XV. S. 91. — 27) Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. 1. Bd. Berlin 1881. — 28) R. Koch, Die Aetiologie der Milzbrandkrankheiten. F. Cohn's Beiträge etc. Breslau 1876. II. 2. Hft. S. 277. — 29) Laptschinsky, Zur Kenntniss der Spirochäten. Centralbl. f. d. med. Wissensch. 1880. S. 341. — 30) H. Buchner, Ueber die experimentelle Erzeugung d. Milzbrandcontagiums. München 1880. — 31) Feser, Deutsche Zeitschr. f. Thiermed. 1880. S. 166. — 32) R. Koch, Verhandlungen d. medicin. Congresses in Wiesbaden 1882. D. med. Wochenschr. Nr. 18. — 33) v. Pettenkofer, Gutachten über Verwendung alter kyanisirter Eisenbahnschwellen etc., Egger's Jahresbericht des hygien. Instituts 1882. S. 85. — 34) A. Wernich, Desinfectionslehre. 2. Aufl. Wien-Leipzig 1882. — 35) F. Cohn, Untersuchungen über Bacterien. Beiträge zur Biologie der Pflanzen. Breslau 1875. I. 2. Hft. S. 127, 3. Hft. S. 141. 1876 II. 2. Hft. S. 249. — 36) G. Wolffhügel, München eine „Peststadt"? Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1876. VIII. Hft. 3.

---

## VIERTES CAPITEL.

# Beurtheilung der Qualität des Wassers.

### Die Aufgaben der Untersuchung.

Die Aufforderung, ein Wasser zu untersuchen, kann aus mancherlei Veranlassung an uns ergehen:

Bald ist von der öffentlichen Gesundheitspflege die Frage zur Entscheidung vorgelegt, welches von mehreren zur Auswahl gestellten Wässern sich zum Zweck der allgemeinen Versorgung am besten eigne, bald wird ein Urtheil über einen Brunnen verlangt, dessen Wasser im Verdacht steht, krankmachende Stoffe zu enthalten, und soll die Untersuchung zeigen, ob ein Bedürfniss vorliegt, denselben polizeilich zu sperren, bald sind im Dienste der epidemiologischen Forschung laufende Beobachtungen über die wechselnde Zusammensetzung des Wassers verschiedener Brunnen eines Ortes anzustellen u. dgl. mehr.

Zwar laufen in Mehrzahl die hygienischen Untersuchungsaufgaben, sei es direkt oder indirekt, darauf hinaus, im Wasser gesundheitsschädliche Stoffe aufzusuchen, nichtsdestoweniger ändern sich, wie schon aus den im vorhergehenden Capitel vorausgeschickten Grundlagen für die hygienische Beurtheilung des Wassers hervorgeht, je nach der Fragestellung mehr oder weniger die Gesichts-

punkte für die Wahl der Methode und die kritische Behandlung des Ergebnisses.

Es unterscheiden sich die einzelnen Aufgaben übrigens auch in Hinsicht der Tragweite des aus ihrer Lösung sich ergebenden Bescheides. Wo nur im Interesse der Wasserversorgung eine Prüfung vorzunehmen ist, in welcher es sich vorweg um eine Auswahl unter den zu Gebote stehenden Bezugsquellen handelt, genügt der Analytiker seiner Pflicht, wenn er die Qualität des Wassers nach dem Grade der Reinheit bemisst, zudem auch Rücksichten der Appetitlichkeit und die Bedürfnisse des Haushalts und der Gewerbe der Wahl diese Richtung geben. Sobald aber ein bestimmtes Urtheil über die Zuträglichkeit erfordert, z. B. im Falle eines Verdachtes eine Erklärung der Schädlichkeit oder Unschädlichkeit verlangt wird, wächst die Verantwortlichkeit, da einerseits die Entscheidung einer Fahrlässigkeit vorbeugen soll und andererseits der Erkenntniss der Wahrheit, welche wir im Dienste der ätiologischen Forschung anstreben, doch nicht zuwider sein darf.

## Die Bedingungen an die Qualität.

Die Anforderungen, welche die Gesundheitspflege an das zur Versorgung bestimmte Wasser stellt, gelten zum Theil unerlässlichen, zum Theil wünschenswerthen Eigenschaften; sie lassen sich im Allgemeinen, wie folgt, formuliren:

Das Wasser muss unbedingt frei sein von toxisch oder infektiös wirkenden Körpern; es sei klar und farblos, wohlschmeckend und geruchlos. Seine Temperatur soll eine erfrischende sein und im Laufe des Jahres keine grossen Schwankungen zeigen.

Organisirte Beimengungen soll das Wasser, wo möglich, keine enthalten. Die Menge der gelösten festen Bestandtheile darf nur innerhalb enger Grenzen schwanken, der Gehalt an organischen Stoffen sei möglichst gering, ebenso an Chloriden, Sulfaten und Nitraten. Es muss von Schwefelwasserstoff frei sein; Grundwasser darf von Ammoniak und salpetriger Säure auch nicht Spuren erkennen lassen. Die Härte soll 18 deutsche Härtegrade nicht überschreiten und darf weder durch Magnesiasalze noch durch Gyps wesentlich bedingt sein.

Die Ansprüche der Gewerbe und der Industrie*) sowie des öffentlichen Lebens an die Beschaffenheit des Wassers stimmen

*) Vgl. F. Fischer[1]) S. 279 u. ff.

im Grossen und Ganzen mit jenen der Gesundheitspflege überein: das Wasser soll möglichst rein, nicht zu hart sein.

Die Gährungstechnik scheut für den Brauprocess und die Spiritusfabrikation ein verunreinigtes Wasser, weil die in einem solchen enthaltenen Mikroorganismen beim Weichen des Getreides oder anderer stärkemehlhaltiger Körper Fäulniss oder Schimmelbildung erregen und selbst die Gährung der Würze stören können. Im letzteren Falle wirkt übrigens wahrscheinlich seltener die Verwendung des unreinen Wassers zum Sud schädlich als das Auswaschen der Gährbottiche oder das Nachfüllen mit demselben. Man nimmt an, dass nicht allein die im verunreinigten Wasser vorhandenen organisirten Elemente eine ungünstige Wirkung auf das Malz und Bier äussern, sondern auch die nicht geformten, organischen Stoffe, so Gerbsäure, Quellsäure und Quellsatzsäure. Bier, welches mit einem durch animalische Abfallstoffe verunreinigten Wasser gebraut ist, soll weniger haltbar sein.

Beim Backen des Brodes kann es gleichfalls durch Verwendung von unreinem Wasser zu einer Störung des Gährungsvorganges kommen.

Für die Gerberei ist es wichtig, dass das Wasser keine grossen Mengen an organischen Stoffen enthält, weil dieselben ein Verfallen des Leders im Wasser bewirken. Während der wärmeren Jahreszeit nehmen in einem verunreinigten Wasser die Häute auch leicht durch Fäulniss Schaden.

Insbesondere verlangt die Färberei ein völlig klares und farbloses Wasser. Von organischen Stoffen gefärbte Wässer ertheilen den Geweben oder Garnen eine gelbe Farbe und können dieselben selbst fleckig machen.

Eisenhaltiges Wasser wird von Papierfabriken, Bleichereien, Färbereien, Wäschereien u. s. w. gemieden, weil es Rostflecken erzeugt.

Chloride in grösserer Menge und namentlich die von Calcium und Magnesium gelten als schädlich für den Keimungsprocess bei der Brauerei und Brennerei.

Dieselben kommen noch wesentlich in Betracht bei der Verwendung des Wassers zur Mörtelbereitung und Befeuchtung der Steine beim Bauen, insofern diese stark hygroskopischen Salze zum Feuchtwerden der Mauern und Auftreten von nassen Flecken an den Wänden führen, bei trockenem Wetter Efflorescenzen bilden, die bei feuchter Witterung zerfliessen, den Bewurf lockern und zum Abblättern bringen sowie zum Nährboden von Schimmel- und Algenvegetationen werden. In der nämlichen Hinsicht beansprucht noch der

Gehalt des Wassers an **Sulfaten** von Natrium, Magnesium und Calcium sowie an **Natriumbicarbonat** unsere Beachtung. Ferner können im Mörtel sich die mit dem Wasser hineingelangten **stickstoffhaltigen Körper** und **Humussubstanzen** zu Calciumnitrat umsetzen, welches die als Mauersalpeter bekannten Auswitterungen bildet.

Für die Zuckerfabrikation sind die **Nitrate** im Wasser störend, weil sie die Krystallisation des Zuckers beschränken.

Nicht minder wichtig wie für den Haushalt (vgl. S. 20) ist für Gewerbe und Industrie der **Härtegrad** des Nutzwassers. In erster Reihe ist es die Sorge vor Kesselsteinbildung, welche das weiche Wasser vorzuziehen gebietet. Mehr noch wie im Haushalt wird wegen des nachtheiligen Einflusses auf die Seife und den Reinigungsvorgang in der Textilindustrie (den Tuchfabriken, Walkereien u. s. w.) und in Waschanstalten die Anwendung von hartem Wasser nach Möglichkeit vermieden. Die festhaftenden Theilchen von Kalk- und Magnesiaseife bringen überdies Störungen beim Färben der Gewebe und Garne.

Für die Färberei ist der Gehalt an alkalischen Erden insofern noch von Bedeutung als das kalkhaltige Wasser den Ton mancher Farben ändert. Für verschiedene Farben, z. B. Türkischroth, Krapp, künstliches Alizarin, Purpurin, ist indessen ein gewisser Kalkgehalt geradezu erwünscht.

Die Härte des Wassers und besonders der Gypsgehalt bringt der Mälzerei und Brauerei Vortheile und Nachtheile: Weiches Wasser fördert das Quellen der Gerste mehr als hartes, entzieht aber derselben beim Weichen eine grössere Menge von Extraktivstoffen und Salzen (insbesondere Phosphorsäure und Kaliumphosphat), andererseits bildet hartes Wasser beim Weichen mit den eiweissartigen Körpern in der Gerste unlösliche Kalkverbindungen, wodurch die Ausbeute an denselben vermindert wird. Die Anwendung von gypshaltigem Wasser ist erfahrungsgemäss der Klärung der Würze günstig. Im Allgemeinen wird für die Brauerei ein weiches Quellwasser dem harten vorgezogen. Auch für die Leimsiedereien wird weiches Wasser verlangt.

Manche harte Wässer haben die Eigenthümlichkeit, dass sie von selbst — ohne Erwärmung — durch Abdunsten der halbgebundenen Kohlensäure an die Luft Calciumcarbonat ausscheiden, welches sich an Gegenständen im Bett des Wasserlaufs niederschlägt, an Moos, Wurzeln u. dgl., ferner an hölzernen Rinnen, Schützen, Mühlschaufeln, an den Auslässen von Wasserleitungen u. s. w. Incrustationen oder tuffartige Ablagerungen bildet. Als

Beispiel möchte ich u. A. die Karlsbader Wässer sowie das Wasser der Quellen des Mangfallthales in Oberbayern erwähnen.

Man nennt diese Erscheinung Sintern, sie kann nur dort stattfinden, wo das Wasser mit der atmosphärischen Luft in Berührung kommt, also nicht in geschlossenen Rohrleitungen. Für das Zustandekommen der Sinterbildung ist nicht der Grad der Härte oder das Vorherrschen von einer oder der anderen Calcium- oder Magnesiumverbindung maassgebend, vielmehr ist, wie v. Pettenkofer, und nach ihm A. Wagner[2], durch Versuche dargethan hat, die erforderliche Hilfsursache in einem geringen Gehalte an Alkalibicarbonat und überschüssiger freier Kohlensäure zu suchen. Auch scheint ein reines, an organischen Stoffen armes Wasser leichter zu sintern als ein unreines.

Bei Berathungen über Neuanlage von städtischen Wasserversorgungen begegnen wir nicht selten der Meinung, dass man an die Reinheit des Wassers für öffentliche Zwecke (Löschwesen, Strassenbesprengung, Spülung der Kanäle, Speisung von Fontainen u. dgl.) wesentlich geringere Bedingungen, beziehungsweise keine Anforderungen zu stellen habe. Ich will gern zugeben, dass manche Erfordernisse des guten Trinkwassers — z. B. gleichmässige, kühle Temperatur, Klarheit und Farblosigkeit, geringer Gehalt an gelösten festen Bestandtheilen — hier wenig oder gar nicht in Betracht kommen und dass man die Spülung der Kanäle selbst mit einem verunreinigten Wasser, wie mit den Abwässern des Haushalts, erzielen kann; indessen möchte ich in der Duldsamkeit doch nicht weiter gehen.

Das Löschwesen vermeidet z. B. schon zur Schonung der Feuerspritzen die Verwendung von unreinlichem Wasser, ferner darf es der öffentlichen Gesundheitspflege nicht gleichgültig sein, dass mit einem Wasser, das übelriechend ist oder infektiös wirkende Stoffe enthält, die Strassen besprengt und die Gossen bespült werden. Auf diesem Wege kann sehr wohl eine Verbreitung von parasitären Krankheitserregern geschehen, wie uns auch deren Uebertragung durch den Gebrauch des Nutzwassers im Haushalt nicht unwahrscheinlich dünkt.

## Der Untersuchungsgang.

Es ist üblich, die Wasseruntersuchung in drei Abschnitte einzutheilen, in eine Vorprüfung, mikroskopische Untersuchung und chemische Analyse.

Die Vorprüfung interessirt sich für die Temperatur, den Geruch, Geschmack, die Klarheit und Farbe des Wassers. Dieselbe soll zeigen, ob das Wasser die in Hinsicht der Appetitlichkeit und

des Wohlgeschmacks gestellten Bedingungen, dass es frisch, klar, farb- und geruchlos sei, erfüllt.

Der mikroskopischen Untersuchung fällt die Aufgabe zu, das morphologische und biologische Verhalten der nicht gelösten Bestandtheile, der geformten Elemente zu ermitteln, sie ist vorzugsweise auf Mikroorganismen gerichtet, von welchen man vermuthet, dass sie entweder an sich einen pathogenen Charakter haben oder doch durch ihre Lebensthätigkeit dem Wasser eine die Gesundheit in irgend einer Weise schädigende Eigenschaft geben können, ferner auf Eier und Jugendzustände von Entozoen und auf Merkmale der Verunreinigung mit Kloakenstoffen u. dgl.

Die chemische Analyse befasst sich hauptsächlich mit den gelösten Bestandtheilen, sucht zunächst einen annähernden Aufschluss über die Gesammtmenge derselben durch die Bestimmung des Trockenrückstandes und gibt im qualitativen und quantitativen Befund eine gute Grundlage für die Feststellung des Grades der Reinheit. Die Bestandtheile, nach welchen sie fragt, sind theils nur ein Maass für die Verunreinigung im Allgemeinen, theils deuten dieselben eine bestimmte Provenienz an und haben an sich entweder als indifferent zu gelten oder sind als Schädlichkeiten bekannt.

Im Wesentlichen interessirt sich die chemische Analyse für folgende vier Gruppen von Körpern:

1. Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia sowie Alkalien,
2. organische Stoffe,
3. Schwefelwasserstoff, Ammoniak, salpetrige Säure, Salpetersäure, Kohlensäure und Sauerstoff,
4. mineralische Gifte.

Mit Hilfe chemischer Reaktionen war man bisher noch nicht im Stande, den Giftstoff der putriden Intoxikation und andere den Fäulnissgiften ähnliche Körper im Wasser nachzuweisen. Ueber das Vorhandensein oder die Abwesenheit derselben muss man den physiologischen Versuch am Thiere entscheiden lassen. Ich halte dafür, dass man in den bisher üblichen Untersuchungsgang noch die experimentelle Ermittelung pathogener, d. h. infektiöser und toxischer Wirkungen sowohl der suspendirten als der gelösten Bestandtheile einreihen sollte, wenn man auch nur annähernd ein Urtheil über den Werth des Wassers gewinnen will. Diese Untersuchung auf pathogene Eigenschaften dürfte am besten im Anschluss an die mikroskopische Analyse erfolgen.

Bei Bearbeitung hygienischer Fragen ist es nicht etwa erforderlich, den im Vorstehenden skizzirten Gang der Untersuchung für alle

Arbeitsaufgaben schablonenmässig einzuhalten, vielmehr wird man sich von Fall zu Fall darüber schlüssig machen, ob die Analyse eine vollständige werden oder auf einzelne Bestandtheile und Eigenschaften des Wassers sich beschränken soll.

Wenn z. B. der Verdacht vorliegt, dass das Wasser aus dem Leitungsmaterial oder aus einem mit Fabrikrückständen durchtränkten Boden einen Giftstoff aufgenommen habe, wird die Prüfung zunächst nur auf den Nachweis und eventuell auch auf die quantitative Bestimmung des fraglichen Körpers zu richten sein. Sollen Brunnen in Hinsicht des Einflusses benachbarter Abort- und Versitzgruben controlirt werden, so genügt die Chlorbestimmung.

In Wasserversorgungsfragen führt das Ergebniss eines einzelnen Abschnittes des Untersuchungsganges, z. B. der Vorprüfung, mitunter allein schon zur Erklärung der Unbrauchbarkeit eines Wassers. Jedoch ist es im anderen Falle für die hygienische Beurtheilung wünschenswerth, die Untersuchung auf eine grössere Anzahl von Bestandtheilen auszudehnen, weil der Eindruck der Reinheit noch keine volle Bürgschaft für das Freisein von gesundheitsschädlichen Stoffen bietet und andererseits eine Ueberschreitung der in der Beschaffenheit des reinen Wassers des Verbrauchsortes oder seiner Umgebung zu findenden Vergleichswerthe seitens eines einzelnen Bestandtheils gewöhnlich noch nicht zu einem abfälligen Urtheil berechtigt. Namentlich in zweifelhaften Fällen wird das ganze Bild der Zusammensetzung in Betracht zu ziehen sein, so dass gleichsam in der Untersuchung die Bestimmung des einen Bestandtheiles die des anderen ergänzt.

## Die Deutung des Untersuchungsergebnisses.

### *Vorprüfung.*

Im Interesse des Wohlgeschmacks und der Zuträglichkeit ist es wünschenswerth, dass die Temperatur des Trinkwassers während der verschiedenen Jahreszeiten nur innerhalb enger Grenzen (7 bis 11 ⁰ C.) schwanke. Es wird daher eine fortgesetzte Temperaturbeobachtung darthun, ob ein zur Versorgung bestimmtes Wasser dieser Anforderung genügt. Indessen dürfen wir nicht etwa ein Wasser, das den Temperaturschwankungen der Erdoberfläche folgt, allein wegen seiner zeitweise nicht entsprechenden Wärme als absolut ungeeignet für den Versorgungszweck bezeichnen.

Auch kann die Temperatur uns einen Fingerzeig für die Herkunft des Wassers geben, da dieselbe abhängig ist von der Wärme des Mediums, in dem das Wasser sich bewegt, beziehentlich aus dem

es Zuflüsse erfährt. Eine beständig höhere Temperatur des Brunnenwassers als die mittlere Jahreswärme an der Erdoberfläche des Beobachtungsortes, lässt auf eine aussergewöhnliche Tiefe des Speisungsgebietes schliessen, starke Temperaturschwankungen weisen entweder auf eine oberflächliche Lage der wasserführenden Schichten des Bodens oder auf eine reichliche Zuströmung von Tage- oder Sickerwasser hin.

Auch entscheidet mitunter die Temperaturbeobachtung darüber, ob ein, in der Nähe eines Flusses gelegener Brunnen mit Flusswasser oder mit Grundwasser, das auf dem Wege der unterirdischen Drainage dem Flusse zuströmt, gespeist wird.

Mit Hilfe einer von B. Salbach angegebenen Formel ist man sogar im Stande, aus den Temperaturbeobachtungen die Mengenverhältnisse zu berechnen, in welchen sich Grund- und Flusswasser in solchen Fällen an der Speisung des Brunnens betheiligen.

Der Nachweis abnormer Verhältnisse in Bezug auf den Geruch und Geschmack, die Klarheit und Farbe des Wassers lässt den Schluss, dass das Wasser schädliche Eigenschaften habe, nicht ohne Weiteres zu, wenngleich der Wohlgeschmack und der Eindruck der Reinheit wichtige Bedingungen der Wasserversorgung sind. Die ätiologische Deutung eines derartigen Befundes wird je nach der Ursache der Erscheinung anders ausfallen müssen.

Die Art des Geschmacks oder Geruchs, der Trübung oder Färbung zeigt oft sofort den Bestandtheil an, durch welchen sie bedingt ist, oder weist wenigstens die Untersuchung nach einer bestimmten Richtung hin. Der Geruchsinn vermag von Schwefelwasserstoff schon sehr geringe Mengen, 1 bis 2 mg i. l, zu erkennen. Dagegen tritt die Geschmacksempfindung nur bei einem verhältnissmässig hohen Salzgehalt ein, sodass dieselbe eine starke Verunreinigung des Wassers vermuthen lässt.

Man hat schon wiederholt versucht, experimentell zu ermitteln, bei welcher Menge die einzelnen Bestandtheile im Wasser geschmeckt werden, indem man Lösungen derselben in verschiedener Concentration von einer Anzahl Personen kosten und über deren Geschmack entscheiden liess:

Nach Angaben von de Chaumont wurde von der Mehrzahl der Geschmack der gelösten Körper erst erkannt bei 0,17 bis 0,21 g kohlensaurem Kalk, 0,36 bis 0,43 g schwefelsaurem Kalk, 0,21 bis 0,29 g salpetersaurem Kalk, 0,71 bis 0,79 g Chlormagnesium, 1,07 g Chlornatrium, 1,71 bis 1,86 g salpetersaurem Natron, 0,86 g kohlensaurem Natron, 0,57 bis 0,64 g salpetersaurem Kali, 0,29 g Chlorkalium, 0,0037 g Eisenoxydul im Liter Wasser. Es hat sich in diesen Versuchen, wie zu erwarten war, ergeben, dass die Empfindlichkeit des Geschmacksinnes individuell sehr verschieden ist; so haben gegenüber Kochsalz bei 1,0 g i. l 2 Personen einen salzigen resp. laugigen Geschmack empfunden, während 5 andere

den Geschmack theils holzig, theils metallisch, theils wie von destillirtem Wasser bezeichnet haben. Die individuelle Verschiedenheit geht überdies noch aus dem Mangel an Uebereinstimmung dieser Angaben mit den Mittheilungen von anderen Beobachtern hervor (Roth u. Lex[3]).

Pappenheim[4] gibt an, dass von Gyps, Kochsalz, Chlorammonium, Chlorcalcium und Kalialaun 0,5 g i. l, von salpetersaurem Natron und Kali sowie von schwefelsaurer Magnesia 1,0 g, von Kupfervitriol 0,05 g, Eisenvitriol 0,06 g i. l mit der Zunge schon nicht mehr erkannt werden; das Gleiche berichtet Nowak.[5]

Die Trübung wird im Wasser entweder sofort bei der Entnahme vorgefunden oder erst einige Zeit nach derselben. Eine solche, durch mineralische Körper nachträglich eintretende Trübung wird beobachtet nach dem Entweichen der halbgebundenen Kohlensäure der Bicarbonate und Ausfallen der Carbonate von Kalk, Magnesia und Eisen.

Durch organisirte Körper tritt eine Trübung häufig erst nach einigen Tagen in Folge von Vegetationen auf, welche beim Stehen des Wassers in der Zimmerwärme aus den im Wasser enthaltenen, beziehentlich nach der Entnahme in dasselbe gelangten Keimen sich entwickeln.

Die Färbung kann bedingt sein durch gelöste oder durch suspendirte Stoffe (siehe S. 150).

Wie man einerseits nicht auf den Befund hin, dass ein Wasser den in der Vorprüfung gestellten Ansprüchen nur theilweise oder gar nicht entspricht, dasselbe kurzweg als gesundheitsschädlich bezeichnen darf, würde es auch gewagt sein, wenn man einem in gedachter Hinsicht tadellosen Wasser das Zeugniss geben wollte, dass es vollkommen frei ist von Bestandtheilen, die sanitäre Bedenken erregen könnten; denn es würden z. B. einzelne Bandwurmeier nicht mehr mit blossem Auge zu sehen sein.

### *Mikroskopische Untersuchung.*

Früher galt der Nachweis von Mikroorganismen, besonders von Schizophyten, im Wasser als ein schlimmes Zeichen. Man erklärte ein solches Wasser nicht nur für ungeeignet zum Trink- und Hausgebrauch sondern sah es auch in ätiologischer Hinsicht zum Mindesten als verdächtig an. Seit aber die mykologische Forschung in untrüglicher Weise gelehrt hat, dass es selbst unter den Schizophyten unschuldige gibt, und seit die tägliche Erfahrung zeigt, dass man mit Hilfe der verbesserten optischen Instrumente und Untersuchungsmethoden auch im reinen Quellwasser Schizophyten findet, ist uns die Feststellung der Qualität auf Grund des Ergebnisses der mikroskopischen Analyse noch mehr erschwert, besonders da die Mykologie

in der Sichtung des Befundes nach pathogenen und indifferenten Lebensformen und in dem Aufsuchen morphologischer und biologischer Kriterien für dieselben noch in ihren Anfängen liegt.

Wie ich schon auseinandergesetzt habe, erweist die Aufgabe sich um so schwieriger, als man die Schädlichkeit nicht etwa nach der Menge, in welcher sich die Mikroorganismen vorfinden, bemessen und ein Wasser, weil es nur vereinzelte pathogene Schizophyten enthält, für unbedenklich erachten kann. Der Schwerpunkt der Untersuchung wird demgemäss in der Entscheidung liegen, ob die in einem Wasser aufgefundenen niederen Lebewesen pathogener Natur sind oder nicht. Nun kommen aber im Wasser auch Mikroorganismen vor, welche sich zwar bei der Uebertragung auf den menschlichen Organismus indifferent verhalten, indessen doch im Stande sind, im Wasser beziehentlich im Boden, den es auslaugt, durch ihren Lebensprocess toxische Stoffe zu bilden. Die Prüfung ist deshalb nicht nur auf infektiöse sondern auch auf toxische Eigenschaften des Wassers zu richten.

Für die Zwecke der Versorgung ist es unter allen Umständen erforderlich, dass man schon aus anderen, als sanitären Rücksichten demjenigen Wasser den Vorzug gibt, welches von Mikroorganismen möglichst frei ist, denn selbst für den Fall, dass diese organisirten Bestandtheile wie die meisten Algen keinerlei gesundheitsschädliche Wirkungen bedingen, könnten sie für die Gemeinde, welche auf ein mit denselben behaftetes Wasser angewiesen ist, zu einer fatalen Plage werden, was man z. B. in Berlin während der letzten Jahre mit dem durch die eisenhaltigen Vegetationen von Crenothrix polyspora, F. Cohn, (id. mit Hypheothrix Kühneana[6]), verunreinigten Wasser der Tegeler Leitung erlebt hat.[7]

Den Darlegungen von Magnus[8] zufolge haben die Algen für das Wasser folgende Bedeutung:

1. Im Allgemeinen sind die Vegetationen der grünen Algen im Wasser als nützlich und heilbringend zu begrüssen, da mit dem Sauerstoff, den sie in ihrem Lebensprocess aus der Kohlensäure des Wassers entwickeln, die gelösten Stoffe im Wasser oxydirt werden. Erst, wenn sie in grösserer Menge auftreten, werden dieselben lästig, namentlich wenn bei sinkendem Wasserstand von ihnen, z. B. von Spirogyra und Cladophora, in flachen Gräben oder seichten Ufern mehr im Wasser zurückbleiben, als dasselbe zu ernähren vermag, so dass sie nach und nach unter Absterben in Fäulniss gerathen.

2. Die Algenarten, welche als sog. Wasserblüthen die Oberfläche der Wässer auf weite Strecken erfüllen, bringen der Umgebung keinen Nachtheil. Es sind namentlich Arten aus der Familie der Phycochromaceen, die durch eine blaugrüne Farbe sich auszeichnen. Man hat sie beschuldigt, dass sie den Fischen im Wasser, besonders im Hochsommer,

verderblich seien. Nur so viel steht fest, dass die Wasserblüthe, wenn sie, was selten geschieht, im Wasser abstirbt und fault, den Fischen oder dem aus ihm trinkenden Vieh Schaden bringen kann.

3. Die Oscillarien und Beggiatoen zersetzen, wie andere Pflanzen, die Sulfate im Wasser, jedoch mit der Eigenthümlichkeit, dass sie dabei Schwefelwasserstoff entbinden. Sie bringen andere Pflanzen und die Thierwelt im Wasser nach und nach zum Absterben, erfüllen dadurch die Gewässer mit faulenden organischen Resten und verpesten die Luft für die Umgebung.

Auf Vegetationen dieser Algen beruht der Schwefelwasserstoffgehalt mancher Thermalquellen, sie bilden den sog. Badeschleim.

4. Die Saprolegnien (Wasserpilze) vegetiren auf abgestorbenen oder absterbenden organischen Substanzen in noch fester, ungelöster Form (z. B. auf todten Thierleibern, Fischeiern, jungen Fischen und Fischleichen, auf faulenden Wurzeln, pflanzlichen Fabrikabfällen, wie Schlempe). Für Thierleichen sind es meistens Arten der Gattungen Achlya und Saprolegnia, für Schlempe u. dgl. der Leptomitus lacteus (Saprolegnia lactea Pringsh.).

5. Die Crenothrix polyspora (Brunnenfaden) lagert durch ihre Vegetationsthätigkeit, wenn das Wasser durch eiserne Röhren geleitet wird, in ihrer gallertartigen Membran Eisenoxdhydrat ab, die Fäden werden dadurch lebhaft gelb bis braun gefärbt, so dass die sonst fürs blosse Auge nicht bemerkbare Alge nunmehr als starke Verunreinigung des Wassers auftritt. Gesundheitsschädliche Wirkungen von dieser Seite sind nicht beobachtet worden.

Die morphologische und biologische Untersuchung der suspendirten Theile gibt bisweilen durch Auffinden der Spuren von häuslichen und thierischen Abfallstoffen, von Kloakenbestandtheilen u. dgl. (vgl. S. 104) einen ergänzenden Bescheid über die Quelle der Verunreinigung des Wassers oder sie ertheilt uns bemerkenswerthe Winke bezüglich der Wege, welche zum Theil das Wasser gewandelt ist. Der Befund lässt aus dem Ueberwiegen einzelner Gruppen von Organismen zur Genüge erkennen, ob das Wasser aus tieferen Schichten des Bodens entnommen, zu welchen die von der Erdoberfläche versickernden Abfallstoffe nicht gelangen, oder ob die Bezugsquelle unter dem Einflusse des Tage- oder Sickerwassers steht. So enthält ein Wasser von der erstgenannten Abstammung hauptsächlich nur anorganische Bestandtheile, daher gar keine Pilze und Gährungsinfusorien sondern, wenn überhaupt Organismen, nur braune und grüne Algen und die von diesen sich nährenden Wasserthierchen (F. Cohn, l. c., S. 114).

Andererseits gestattet das Vorherrschen der einen oder anderen Gruppe von niederen Lebewesen einen Rückschluss auf den Grad der Reinheit und die Zusammensetzung des Wassers, da die mikrosko-

pischen Süsswasserbewohner nur nach Maassgabe des für sie vorhandenen Nährmateriales gedeihen können.

F. Cohn (l. c. S. 113) zufolge kann man die Wässer je nach dem Auftreten dieser Organismen in drei Kategorien theilen:

1. Wasser, das arm an organischen Stoffen ist, enthält Diatomeen und grüne Algen (Conferven, Protococcus und Scenedesmus u. s. w.), vorausgesetzt, dass der Zutritt des Lichtes möglich ist, unter dessen Einfluss sie die Kohlensäure des Wassers zerlegen und zu ihrer Ernährung nutzbar machen.

In faulendem Wasser gehen diese Algen bald zu Grunde; von ihnen ernähren sich gewisse grössere und schönere Arten der Infusorien, insbesondere viele Ciliaten (Nassula, Loxodes, Urostyla u. s. w.), von letzteren oder direkt von den Algen wieder Entomostraceen (Daphnia, Cyclops, Cypris) und die meisten Räderthiere, sowie Borstenwürmer (Naiden) und Mückenlarven. Ihre Gegenwart in geringer Zahl sei daher innerhalb gewisser Grenzen mit der Reinheit des Wassers durchaus nicht unvereinbar.

2. Brunnenwasser, das viel organische Reste in fester Form, suspendirt enthält, ist der Boden für Wasserpilze, welche sich von solchen Ueberresten nähren. Von organischen Resten leben auch die carnivoren Infusorien (gewisse Amoeben, Paramecium Aurelia, Amphileptus Lamella, Oxytricha Pellionella, Epistylis spec., Chilodon Cucullulus, Euplotes Charon u. s. w.) ferner Anguillulae und das Räderthier Rotifer vulgaris, sowie gewisse Tardigraden und Milben.

3. Brunnenwasser, das organische Stoffe in grosser Quantität gelöst enthält, beherbergt Schizomyceten aller Art und die meisten Infusoria flagellata: Bacterien (Zoogloea), Vibrionen, Spirillen, Monaden, Chilomonaden, Cryptomonaden, u. s. w., gewisse Amoeben, Peranema trichophorum, auch wenige grössere bewimperte Infusorien (Glaucoma scintillans, Vorticella infusionum, Colpoda Cucullus, Enchelys, Paramecium putrinum, Cyclidium Glaucoma, Leucophrys pyriformis).

Ein solches Wasser ist im Zustande der Fäulniss oder Gährung, die sich häufig durch übelen Geruch und Gasentwicklung bemerklich macht, — es sei als ungeniessbar zu erachten.

Eine ähnliche, auf biologischen Erfahrungen beruhende Klassifikation der Wässer in reine, verdächtige und ungeniessbare hat L. Hirt[14] in seiner Methode der mikroskopischen Trinkwasseruntersuchung gegeben, in welcher zunächst durch eine Untersuchung sofort nach der Entnahme der momentane Befund festgestellt und die Prüfung später,

nachdem das Wasser 2 bis 6 Tage gestanden hat, wiederholt wird, um die inzwischen aufgetretenen Vegetationen kennen zu lernen.

Die mikroskopische Analyse liefert auf diese Weise gewiss brauchbare Anhaltspunkte zur Qualificirung der Wässer im Dienste der Versorgung. Dagegen wäre es bei ätiologischen Beobachtungen voreilig, die erwähnten biologischen Merkmale von Verunreinigungen und von Fäulniss- oder Gährungsvorgängen als untrügliche Kriterien für das Vorhandensein von toxischen oder infektiösen Agentien im Wasser aufzufassen (vgl. S. 104 u. ff.).

O. Harz[9] hat auf der Voraussetzung, dass die niederen Organismen im Wasser vorwiegend nur im Verhältniss zur Menge der assimilirbaren organischen Stoffe sich vermehren, eine Methode der Wasseruntersuchung begründet. Dieselbe besteht darin, dass man unter gewissen Cautelen der Reinkultur 200 ccm des zu prüfenden Wassers in eine $\frac{1}{4}$ l-Flasche einfüllt und wohlverschlossen etwa 4 Wochen belichtet stehen lässt, um alsdann aus der Menge und der Art der in dieser Zeit entwickelten Vegetationen den Werth des Wassers für den Versorgungszweck zu beurtheilen, beziehentlich durch laufende Beobachtungen greifbare Unterschiede im Verhalten des Wassers während Epidemieen und seuchefreien Zeiten aufzufinden.

C. von Nägeli[10] wies darauf hin, dass derartige Verfahren ein brauchbares Resultat in ätiologischer Hinsicht nicht liefern können, zumal sich von den im Wasser enthaltenen, verschiedenartigen Keimen gewöhnlich, begünstigt vom Einflusse des Lichtes, nur harmlose grüne Algen entwickeln, welche auch keinen Maassstab für die organischen Stoffe im Wasser abgeben, da sie nicht von diesen sondern von Kohlensäure, Ammoniak, Phosphaten und Alkalien leben. Nur wenn man die Glasflaschen in einen dunklen Raum stellte oder steinerne, gut gedeckte Flaschen benützte, so dass die Algen wegen Lichtmangels sich nicht entwickelten, würde man eine Pilzvegetation erhalten, deren Menge von den organischen Nährstoffen abhängt, die indessen möglicher Weise doch in nichts anderem als humussaurem Ammoniak bestehen.

## *Chemische Analyse.*

Die Prüfung des Wassers für die Versorgung ist in erster Reihe darauf gerichtet, zu entscheiden, ob und in welchem Maasse dasselbe neben seinen natürlichen Bestandtheilen noch andere enthält.

Wie aus den Seite 21 mitgetheilten Angaben von Reichardt über die Zusammensetzung des reinen Quellwassers aus verschiedenen geognostischen Formationen hervorgeht, unterscheiden sich die Wässer, auch wenn sie frei von verunreinigenden Beimengungen sind, von einander wesentlich in der chemischen Beschaffenheit. Schon im Hinblick auf diese von Natur aus bestehenden Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der reinen Quellwässer ist es nicht möglich, eine einheitliche Norm für den Gehalt an gelösten Bestandtheilen an-

zugeben, welche das Trink- oder Nutzwasser enthalten soll oder darf. Als Richtschnur für die Wahl der Bezugsquelle kann vielmehr nur die Beschaffenheit eines nachweislich von der Verunreinigung mit Abfällen und Schmutzwässern des Haushaltes noch nahezu verschonten Wassers des zu versorgenden Ortes beziehungsweise seiner Umgebung dienen. Da das Grundwasser in bewohntem Boden mit der Zeit entsprechend der Zunahme der Bevölkerungsdichtigkeit und der Ausbreitung der Wohnstätten mehr oder weniger verunreinigt wird, ist gewöhnlich das Wasser, welches als Muster gelten soll, in der umliegenden Gegend, ausserhalb des Wirkungsbereiches der Bewohnung und Bewirthschaftung aufzusuchen.

Wo ein normales Wasser des Ortes oder seiner Umgebung als Vergleichsobject nicht zur Hand ist, wird man für die Beurtheilung des analytischen Befundes das Ergebniss von Analysen eines reinen Wassers aus anderen Gegenden als Maassstab heranziehen müssen, welche ähnliche geognostische Verhältnisse haben. Manche haben sich in dieser Weise schon der Reichardt'schen Tabelle bedient, ohne zu berücksichtigen, dass die Angaben derselben Mittelwerthe aus Untersuchungen von reinem Gebirgsquellwasser darstellen.*) Wohl könnten dieselben für ein ideales Ziel der Wasserversorgung, jedoch nicht für die gewöhnlichen Verhältnisse als Normalzahlen gelten. Für dermaassen hohe Ansprüche an die Reinheit des Wassers liegt im Allgemeinen ebensowenig ein dringendes Bedürfniss vor, als man für die Luft in bewohnten Räumen den Kohlensäuregehalt der Luft im Freien als Grenzwerth annimmt.

Vorerst gebricht es noch in Deutschland an einer für den gedachten Zweck praktisch verwerthbaren Zusammenstellung des Ergebnisses von Analysen reiner Wässer, welche nach einheitlichen Methoden ausgeführt und sonach vergleichbar sind. Meines Erachtens würde es nicht nur im Interesse der Förderung unseres Wissens geschehen, sondern auch einem dringenden praktischen Bedürfnisse entsprechen, dass wir auf dem von Reichardt betretenen Wege weiter arbeiten und nach dem Beispiele der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung die Ermittelung der Eigenthümlichkeiten der Wässer, und nicht sowohl des Grundwassers sondern auch der anderen Bezugsquellen der Versorgung, möglichst zahlreichen Gegenden unseres Vaterlandes zu Theil werden lassen.

Früher war es üblich, sich bei der Prüfung und Begutachtung

---

*) „Keineswegs bedeuten dieselben die Grenzen für die örtlichen Verhältnisse" (E. Reichardt[13]), S. 31).

allgemein gültiger Grenzzahlen zu bedienen. So verlangte man nach Maassgabe der auf einem Brüsseler Sanitätscongress (1853) getroffenen Vereinbarung, dass das Trinkwasser mehr als 500 mg feste Bestandtheile (Trockenrückstand) nicht enthalten soll. Ein Blick auf Reichardt's Tabelle lehrt, wie leicht allgemeine Grenzzahlen uns irreleiten können:

Würde man sich z. B. an die genannte Zulässigkeitsgrenze für den Trockenrückstand überall halten, so dürfte in einer Gemeinde, deren Versorgungsgebiet der Formation des Muschelkalks angehört und das reine Gebirgsquellwasser schon mit 325 mg i. l Rückstand liefert, das Wasser nur gegen 170 mg fremde feste Bestandtheile führen, dagegen das Wasser eines in der Granitformation gelegenen Ortes, das im reinen Zustand gegen 25 mg Rückstand hat, nahezu 470 mg i. l Verunreinigung zeigen, ohne gegen die Vorschrift zu verstossen.

Das dem Grenzwerth entsprechende Wasser würde in einem Falle ein verhältnissmässig reines, im andern ein fast zur Jauche gewordenes sein können. Ein grosser Fehler dieses Grenzwerthes liegt überdies darin, dass den zahlreichen, in hygienischer Beziehung höchst ungleichartigen Componenten der Rückstandsmenge hier eine gemeinsame Bedeutung in Hinsicht der Salubrität des Wassers beigelegt wird.

Vor anderen allgemeinen Grenzzahlen (z. B. für Chlor 8,0 mg, für Salpetersäure 4,0 mg i. l) hatte übrigens die für die Rückstandsmenge angegebene wenigstens den Vorzug, dass sie keine unbillige Forderung enthielt.

Wohl ist es über 10 Jahre her, dass sich in der Hygiene die Ueberzeugung von der Unbrauchbarkeit solcher Grenzwerthe Bahn gebrochen hat. Nichtsdestoweniger darf ich dieselben noch nicht als einen ganz und gar überwundenen Standpunkt der Analytiker bezeichnen, von welchem manche nicht früher der alten allgemeinen Vergleichswerthe glauben entrathen zu können, als neue zum wenigsten in der oben gedachten Charakteristik der normalen Wässer verschiedener Gegenden dargeboten sind.

Der Einsicht für die Unmöglichkeit, an manchen Orten die Kosten zur Beschaffung eines besseren Wassers aufzubringen, ist es vorwiegend zu verdanken, dass man anfing, bei Aufstellung des Programms für neue Versorgungen und bei Beurtheilung der bisherigen Bezugsquellen den lokalen Verhältnissen Rechnung zu tragen. Diese praktischen Rücksichten fanden eine Berechtigung in der Thatsache, dass ein solches Zugeständniss, solange es sich innerhalb bescheidener Grenzen hält, nicht zu Gefahren für die Gesundheit führt.

Bei Feststellung der Qualität wird aber nicht allein die Menge sondern auch die Art der zufälligen oder accessorischen Bestandtheile in Betracht zu ziehen sein, da es viele Beimengungen gibt, die an sich

indifferent sind. Schon die von Port und Flügge erhärtete Thatsache, dass in den statistischen Erhebungen die Typhussterblichkeit nicht mit der Verunreinigung des Wassers correspondirt sondern sogar entgegengesetzte Schwankungen zeigen kann, warnt mit Entschiedenheit davor, den unreinen Zustand des Wassers als gleichbedeutend mit Schädlichkeit zu erachten. Zumal bei einer Fragestellung, welche auf den Nachweis einer im Wasser vermutheten Gesundheitsschädlichkeit gerichtet ist, muss man sich darüber klar sein, dass ein Wasser, wenngleich es durch die chemische Analyse schlecht befunden wird, frei sein kann von Krankheitskeimen oder sonstigen Schädlichkeiten, und dass auf der anderen Seite ein scheinbar reines Wasser, trotz des negativen Befundes vielleicht doch einen krankmachenden Stoff oder eine Hilfsursache der Krankheit in sich schliesst, für deren Nachweis die Untersuchungtechnik noch nicht vorgebildet ist.

Unter den Krankheiten, deren Entstehung man dem Genusse oder dem Gebrauche eines schlechten Wassers zuschreibt, sind eigentlich nur wenige, bei welchen die Erkenntniss der Aetiologie dem Analytiker eine bestimmte Richtung für das Aufsuchen des Krankheitserregers selbst oder einer Hilfsursache vorgezeichnet hat; denn mit Ausnahme der bisweilen im Wasser als zufällige Beimengungen beobachteten mineralischen Gifte und der Eier oder Jugendzustände von Entozoen sowie der arzneiartig wirkenden mineralischen Körper, welche nach Art der Mineralwasser-Bestandtheile zur natürlichen Beschaffenheit mancher Wässer gehören können, sind doch die ätiologischen Beziehungen des Wassers noch so wenig geklärt, dass man höchstens in vermuthender Weise einen oder den anderen Bestandtheil desselben für die Entstehung von Krankheiten verantwortlich machen darf.

Es muss sonach unbedingt zu Fehlschlüssen führen, wenn man die Thatsache, dass der Befund am verdächtigen Wasser einen oder mehrere der Werthe, welche die Analyse eines vergleichbaren, normalen Wassers ergeben hat, überschreitet, schon als einen Beweis dafür gelten lassen wollte, dass dasselbe die in ihm vermuthete Schädlichkeit wirklich enthält.

Der Mangel einer näheren Kennzeichnung der im Wasser vermutheten, gesundheitsschädlichen Stoffe zwingt derzeit noch dazu, für deren Vorhandensein auf indirektem Wege Beweise oder richtiger Verdachtsmomente, zu suchen, indem man auf gewisse Bestandtheile, welche zum Theil auf Grund von Hypothesen eine symptomatische Bedeutung erlangt haben, das Augenmerk richtet:

In der Voraussetzung, dass die Krankheitsstoffe, welche vom

Menschen kommen, in Begleitung von Unrath aus seiner Umgebung den Weg zum Wasser finden, bestimmt man den Gehalt an Chlor, Schwefelsäure, Kalk, Magnesia sowie an Alkalien; dieselben finden sich zwar im reinen Wasser als natürliche Bestandtheile an sich schon vor, erleiden aber erfahrungsgemäss eine Vermehrung, wenn ein direkter Zufluss von Abfallstoffen des menschlichen Haushaltes stattfindet oder wenn der Boden, den das Wasser durchsickert, mit einer solchen Stadtlauge durchtränkt ist.

Chloride und Phosphate der Alkalien (Kali und Natron) und Phosphate der alkalischen Erden (Kalk und Magnesia) können aus menschlichen und thierischen Excrementen — Alkalisalze und Magnesiumphosphat vorzugsweise aus dem Harn — in's Wasser gelangt sein. Im Harn des Pflanzenfressers herrscht entsprechend dem Alkaligehalt der Nahrung das Kali, im Harn des Fleischfressers das Natron vor. Kalisalze im Wasser entstammen aber mitunter auch der Asche von Brennstoffen oder faulendem Fleisch, Natronsalze und insbesondere Kochsalz Küchenabfällen und gewerblichen Abwässern.

Der Chlorgehalt des Wassers ist zuweilen durch eine Verunreinigung seitens gewerblicher Anlagen, namentlich der Chlorkalk- und Soda-Industrie bedingt. An Orten in der Nähe des Meeres treten im Grundwasser Chloride in Folge einer Beimengung von Meerwasser auf.

Da der Boden die Chloride nicht oder nur in geringem Maasse bindet, kann ein Grundwasser sehr wohl den Läuterungsprocess mit Erfolg bestanden haben, ohne dabei seinen Chlorgehalt zu verlieren. Aus diesen Gründen ist es rathsam, bei Beurtheilung der Qualität eines Wassers auch nach anderen Merkmalen der Verunreinigung zu fragen.

Auf die organischen Stoffe ist die Untersuchung zumeist im Glauben gerichtet, dass sie dem Wasser die Eigenschaft eines Nährbodens zur Entwicklung und Fortpflanzung von pathogenen Organismen verleihen. Ueberdies gelten dieselben noch im Sinne der vorgenannten Gruppe von Körpern als Merkmal der Verunreinigung mit animalischen und vegetabilischen Abfallstoffen und beanspruchen Interesse in Anbetracht der Vermuthung, dass sie durch Zersetzungsvorgänge unter Mitwirkung von indifferenten Schizophyten toxisch wirkende Stoffe bilden.

Als Symptome der fauligen Zersetzung betrachtet man das Auftreten von Ammoniak und salpetriger Säure, die Zunahme des Gehaltes an Salpetersäure und Kohlensäure, die Abnahme des Sauerstoffs.

Ueber die Grundlagen dieser Kriterien habe ich im vorigen Capitel schon in motivirter Darlegung die Meinung entwickelt, dass dieselben nachweislich noch auf schwachen Füssen stehen. Man darf meines Erachtens den genannten Bestandtheilen eine solche symptomatische Bedeutung nur in beschränktem Maasse zuerkennen, und

ist es umsomehr angezeigt, sich derselben mit Vorsicht zu bedienen, weil das Ergebniss der vergleichenden Analyse nicht immer mit Sicherheit erkennen lässt, inwieweit der Befund am verdächtigen Wasser als eine fremdartige Erscheinung im gedachten Sinne zu gelten hat: Die Schwankungen in der Zusammensetzung beruhen auf complicirten Verhältnissen, so dass das Auftreten neuer Bestandtheile oder die Vermehrung der vorhandenen (beziehentlich die Abnahme des Sauerstoffs) nicht ohne Weiteres als eine Aeusserung der von Seiten des Menschen, der Thiere und Pflanzen erfolgenden Verunreinigung und von Zersetzungsvorgängen aufgefasst werden kann.

An die erwähnten Gesichtspunkte für die indirekte Begründung des pathogenen Charakters eines Wassers reiht sich gemäss unseren früheren Erörterungen die Hypothese an, dass in der Beschaffenheit des Grundwassers, besonders in seinem Gehalte an leicht zersetzlichen organischen Stoffen und an deren Zersetzungsprodukten, ein Zeichen der lokalen Disposition für Cholera und Typhus gegeben sei. Wir wissen besonders durch die Untersuchungen C. Flügge's, dass die Durchtränkung des Bodens mit Abfallstoffen, in welcher man das lokale Substrat für die gedeihliche Entwicklung des Cholera- und Typhuskeimes vermuthet, ein verlässliches Maass in der Beschaffenheit des Grundwassers oft nicht findet, weil die letztere nicht sowohl von der Menge der dem Boden überantworteten Abfallstoffe als vielmehr von den Einflüssen einer grösseren Anzahl von Faktoren abhängig ist. Gewisse physikalische Eigenschaften des Bodens, welche man mit der grössten Wahrscheinlichkeit zu den örtlichen Hilfsursachen der Entstehung dieser Krankheiten rechnet, tragen sogar wesentlich dazu bei, dass das Wasser nicht in dem Grade verunreinigt gefunden wird, als nach Maassgabe des dem Boden zufliessenden Imprägnirungsmaterials und im Sinne der Lehre von der hygienischen Bedeutung der Bodenverunreinigung zu erwarten wäre. Aber selbst wenn das Wasser uns ein getreues Bild der Bodendurchtränkung darböte, würde aus dem stärkeren Gehalte an organischen Körpern doch nicht der Schluss erlaubt sein, dass der Boden „siechhaft“ sei, insolange uns die Erkenntniss der erforderlichen Beschaffenheit und Concentration des hypothetischen Nährsubstrats fehlt.

In dieser Hinsicht ist folgende Aeusserung v. Pettenkofer's (Vortrag im Aerztl. Verein z. München am 28. April 1880) bemerkenswerth: „Ich habe z. B. nichts dagegen, einen disponirten Boden, auf welchem Epidemieen gedeihen, einen siechhaften zu nennen, im Gegentheile, der Ausdruck gefällt mir gut, — aber es sind doch erst die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen ein Boden siechhaft und siechfrei ist. Wenn dabei auch die Spaltpilze die Hauptrolle spielen, so ist ihre Gegenwart

allein doch nicht das Entscheidende, denn Spaltpilze finden sich in jedem Boden und in jedem Hause, nicht blos auf Choleraboden und in Cholerahäusern, es müssen daher entweder besondere Spaltpilze oder besonders modificirte sein. Wenn die Ursache in einer gewissen Accomodation der Spaltpilze an ihre Umgebung, so zu sagen an verschiedene Nährlösungen liegt, so müssen diese Bedingungen im Boden, im Hause aufgesucht und klar gelegt werden. Für den Cholerakeim muss gefunden werden, was sein lokales Substrat, seine Nährlösung oder sein Wirth ist, und das lässt sich sogar früher finden, wenn der specifische Cholerakeim uns auch noch länger unbekannt bleiben sollte, gleichwie man den Zucker im Traubenmoste, in der Bierwürze früher als nothwendiges Substrat für die alkoholische Gährung gefunden hat, ehe man die Rolle des Hefepilzes erkannte."

Auch trage ich Bedenken, den Gehalt des Grundwassers an Sauerstoff und an jenen Bestandtheilen, welche in Folge des Zerfalls der organischen Stoffe im Boden eine Vermehrung erfahren, als einen Fingerzeig dafür anzusehen, dass der Boden nicht mehr ein „siechfreier", d. h. ein unter allen Umständen unschädlicher sei. Die ätiologische Forschung ist heutigen Tages uns noch die Entscheidung schuldig, ob die Zersetzungsprocesse zur Entstehung von Typhus oder Cholera in irgend einer Beziehung stehen oder ob dieselben nicht im Gegentheil der angenommenen Entwicklung des Krankheitskeimes im Boden geradezu ungünstig sind. Die Verwerthung der fraglichen Kriterien setzt überdies von Fall zu Fall den Nachweis voraus, dass die Aenderung in der Beschaffenheit des Wassers thatsächlich die Folge von fermentativen Vorgängen ist.

Ueber die Intensität und Entwicklungsstufe der Zersetzung kann die Analyse keinen Aufschluss erbringen, weil der Befund nicht sowohl durch die Grösse und das Stadium des Zerfalls als auch durch das Maass, in welchem der Boden die Zersetzungsprodukte in das Wasser übertreten lässt, bedingt ist. Beide Vorgänge stehen unter dem Einflusse mehrerer, zum Theil wechselnder Bedingungen, auch hierbei spielt die physikalische Beschaffenheit des Bodens, besonders die Durchlässigkeit, der Luftwechsel und die Durchfeuchtung, eine hervorragende Rolle und sind nicht selten gerade die als örtliche Hilfsursachen angesehenen Bodeneigenthümlichkeiten im Stande, dem Auftreten von salpetriger Säure und Ammoniak entgegenzuwirken, von welchen schon Spuren im Wasser als ein Merkmal der örtlichen Disposition erachtet werden. Als eine Mahnung zur Vorsicht bei der Wahl eines Wassers für die Versorgung darf man dieselben immerhin gelten lassen, aber die ätiologische Beweiskraft ist ihnen vorerst abzusprechen, weil die Voraussetzung keineswegs zutrifft, dass die Brunnenwässer aus Seucheherden durch diese Bestandtheile vor den Wässern aus immunem Boden sich regel-

mässig auszeichnen, und vielmehr weder qualitativ noch quantitativ eine Gesetzmässigkeit in dieser Hinsicht hervorgetreten ist.

## Die örtlichen Verhältnisse der Bezugsquellen.

Von der Annahme ausgehend, dass das Wasser hauptsächlich durch eine direkte oder indirekte Berührung mit dem Menschen Schädlichkeiten aufnimmt, kommt man — unter gleichzeitiger Berücksichtigung des günstigen Einflusses, den die natürlichen Reinigungsvorgänge auf die Qualität des Wassers ausüben — zu dem Gedanken, die Herkunft des Wassers beziehentlich die Abstammung seiner Verunreinigung als ein Kriterium der Schädlichkeit oder Unschädlichkeit zu betrachten. Aus Erwägungen dieser Art ergibt sich für die Wahl der Bezugsquelle eine Richtschnur, indem sie es räthlich erscheinen lassen, das Trink- und Nutzwasser möglichst fern von den auf der Erdoberfläche obwaltenden, verunreinigenden Einflüssen dort zu suchen, wo es auf seinen Wegen nur gewinnen kann.

Die englische Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung hat in dieser Hinsicht folgende Klassification aufgestellt:

| | | |
|---|---|---|
| zuträglich | 1. Quellwasser | vortrefflichen Geschmacks. |
| | 2. Tiefbrunnenwasser | |
| | 3. Bergland-Tagewasser | ziemlich guten Geschmacks. |
| verdächtig | 4. Regenwasser | |
| | 5. Tagewasser von kultivirtem Land | |
| gefährlich | 6. Flusswasser mit Sielwasser verunreinigt | guten Geschmacks. |
| | 7. Flachbrunnenwasser | |

Dieses Eintheilungsprincip basirt auf der Voraussetzung, dass Cholera, Typhus, Durchfall und Ruhr durch die Excrete der mit diesen Krankheiten behafteten Personen verbreitet werden und dass die inficirten Auswurfstoffe auf drei Wegen in das Trinkwasser gelangen: 1. durch Einleitung des Sielwassers in Bäche und Flüsse, 2. durch Einsickern des flüssigen Inhalts von Sielen, Kloaken und Senkgruben in das Grundwasser, 3. durch die Verwendung der Excrete als Dünger für kultivirtes Land, dessen Abläufe mit dem für häusliche Zwecke bestimmten Wasser in Berührung kommen. Im Weiteren sind demselben Erfahrungen über die Ergiebigkeit der Reinigungsvorgänge in der Natur zu Grunde gelegt.

So lange einer derartigen Klassificirung nur die Bedeutung eines Versorgungsprogrammes beigelegt wird, hat sie vollen Anspruch auf unsere Anerkennung. Man hat sich jedoch darauf nicht beschränkt, vielmehr auch in ätiologischen Streitfragen die Herkunft, wenn nicht als einen vollgültigen Beweisgrund, so doch als ein gewichtiges Verdachtsmoment herangezogen.

Ich kann nicht rathen, dem Ursprung des Wassers, beziehentlich der Abstammung seiner Verunreinigung vom menschlichen Haushalte, bei Entscheidung über die Gesundheitsschädlichkeit in streiti-

gen Fällen ein grosses Gewicht beizulegen. Die tägliche Erfahrung lehrt uns, dass der Genuss und Gebrauch von Wässern, welche die englische Klassification als verdächtig oder gefährlich bezeichnet, nicht unbedingt Schaden bringen, sondern dass vielmehr eine sehr grosse Anzahl von Gemeinden dabei ohne nachweisbare Beeinträchtigung der Gesundheit ihrer Bewohner bestehen können.

Es würde zu weit gehen, wenn man behaupten wollte, dass Alles, was vom Menschen oder vom Thiere ins Wasser kommt, schädlich ist; es sind doch wohl zunächst nur die Provenienzen der mit gewissen Krankkeiten Behafteten als verdächtig oder gefährlich zu bezeichnen. Das Auftreten von noch nicht mineralisirten Kloakenstoffen im Wasser ist z. B. in meinen Augen ein Warnungszeichen, auf Grund dessen man den Gebrauch des Wassers zu widerrathen hat, aber im Falle einer Anschuldigung sollte man in demselben noch keinen Beweis der Schädlichkeit sondern höchstens ein bedingungsweise zulässiges Verdachtsmoment erblicken.

Bei der Versorgung mit Grundwasser verdient noch als ein für das Aufsuchen der Bezugsstelle werthvoller Gesichtspunkt die Geschwindigkeit und Richtung der Strömung im unterirdischen Wasserbecken alle Beachtung. Unbedingt ist die Entnahme des Wassers aus stagnirenden, teichartigen Ansammlungen nach Möglichkeit zu vermeiden, weil in diesen die dem Boden zufliessenden Verunreinigungen lange zurückgehalten und gleichsam aufgespeichert werden. Der Grundwasserstrom ist aber oberhalb der einer Imprägnirung ausgesetzten Stellen der Erdoberfläche zu erschliessen.

Von hervorragender Bedeutung für die Wasserversorgung ist noch die Frage, ob eine als brauchbar erkannte Bezugsquelle auch ihre Reinheit für spätere Zeiten bewahren wird. Nicht die Analyse sondern die Beachtung der örtlichen Verhältnisse wird hier die Grundlage zur Beurtheilung ergeben: Man sucht für die Beständigkeit der Qualität darin eine Gewähr, dass nach menschlicher Berechnung die Bezugsstelle voraussichtlich nicht durch die mit der Zeit zu erwartende Ausdehnung des Verbrauchsortes, durch Ansiedelung oder durch landwirthschaftliche Bearbeitung oder industrielle Benutzung des Bodens in ihrer Reinlichkeit beeinträchtigt werden wird.

## Die ätiologische Beobachtung.

Die epidemiologische Forschung ist theils bestrebt, durch Erhebungen über die Art des Auftretens und der Verbreitung der Krankheiten vorerst nur die Träger und Vermittler der krankheiterregenden Potenz, des sog. Contagiums oder Miasmas, ausfindig zu machen und die Bedingungen zu ermitteln, unter welchen der Krankheitskeim sich entwickelt und seinen Angriff auf den Menschen aus-

übt, theils zielt dieselbe direkt auf die Erkenntniss des Infektionserregers ab.

Es bedient sich die indirekte Forschungsmethode sowohl der historisch-geographischen als auch der lokalisirenden Beobachtung. Die letztere Richtung sucht durch systematische Erhebungen und experimentelle Untersuchungen am Seuchenorte in der Umgebung und den äusseren Lebensbedingungen des Menschen nach ätiologischen Beziehungen zu den Erkrankungsvorkommnissen und richtet auf die vom Boden und Wasser etwa ausgehenden örtlichen und zeitlichen Hilfsursachen laufende Beobachtungen der Niveauschwankungen und der Veränderungen in der Beschaffenheit des Grundwassers, welche ebensowohl in der seuchefreien Zeit als während des Herrschens der Krankheit angestellt werden.

Der chemische Theil dieser Wasseruntersuchungen muss sich auf gewisse, scheinbar charakteristische Bestandtheile beschränken, sowohl weil es überhaupt keine vollständig erschöpfende Analyse gibt, welche auf alle erdenklichen, hier vielleicht doch belangreichen Beimengungen des Wassers achtet, als auch weil für derartige fortgesetzte Beobachtungen selbst der bisher übliche, einfache Untersuchungsgang noch zu zeitraubend wäre. Für dieselben eignet sich am besten die Bestimmung des Chlors, übrigens kann die Vermehrung der Chloride, weil der Boden Chlor nur wenig oder nicht zurückhält, lediglich im Allgemeinen den Zufluss einer gewissen Art von Verunreinigungen zum Boden oder Wasser verrathen, ohne damit zugleich eine am Orte der Entnahme stattgehabte lokale Einwirkung zu kennzeichnen.

Diese laufenden Beobachtungen der Zusammensetzung sind vorzüglich geeignet, zugleich eine Controle der Bezugsquellen der Versorgung in Hinsicht der Reinheit und Güte des Wassers abzugeben.

Der hier eingeschlagene Weg hat ohne Zweifel grosse Vorzüge gegenüber der früheren Beobachtungsweise, bei welcher das Wasser eines Brunnens erst dann untersucht wurde, nachdem es durch das Auftreten von Erkrankungen im Versorgungsbereich desselben verdächtig geworden war. So sehr aber auch diese indirekte Richtung der epidemiologischen Forschung sich im Auffinden von äusseren Bedingungen (Hilfsursachen) für die Entstehung und Verbreitung von Cholera und Typhus erfolgreich gezeigt hat, stellt sie, wie es scheint, doch kein abschliessendes Urtheil über die ätiologische Bedeutung des Wassers in Aussicht, bevor nicht der Krankheitserreger selbst in seiner wahren Natur erkannt ist.

Früher hoffte man durch laufende mikroskopische Untersuchungen des Wassers einen Aufschluss über das Vorkommen pathogener Mikroorganismen in der Voraussetzung zu gewinnen, dass beim Ausbruch von Seuchen, welche mit dem Wasser eine genetische Beziehung haben, charakteristische niedere Lebewesen auftreten, die in seuchefreien Zeiten gar nicht oder nur vereinzelt im Wasser vorkommen. Insolange jedoch die Beobachtung nicht auf eine bestimmte, als pathogen verdächtige Gruppe der Süsswasserbewohner sich beschränkt, verspricht diese Richtung von vornherein nur wenig Erfolg, in Anbetracht der fast zahllosen, verschiedenen und zum Theil doch wieder sehr ähnlichen Lebensformen, welche sich dem Auge des Beobachters darbieten können. In der That ist aus derartigen Untersuchungen auch noch nie ein erspriessliches Beobachtungsmaterial für die Annahme einer ätiologischen Rolle des Wassers hervorgegangen, noch weniger haben Erhebungen, welche nur während des Herrschens einer Seuche ausgeführt worden sind, zu geeigneten Aufschlüssen geführt.

So war das von F. Cohn (l. c. S. 116) in Breslau beobachtete massenweise Auftreten von beweglichen Bacterien und Zoogloeagallerte in den Brunnen der von der Cholera stark inficirten Häuser wohl ein interessanter Befund, der zu laufenden Beobachtungen hätte anregen können, aber noch keine beweiskräftige Thatsache für die Annahme einer Beziehung zwischen Schizophyten und Cholera.

Nachdem einmal durch die Fortschritte der mykologischen Forschung mehr und mehr der Verdacht begründet ist, dass die Infektionskrankheiten in Mehrzahl Bacterienkrankheiten sind, darf man sich dazu angeregt fühlen, die Schizophyten, welche im Wasser gefunden werden, nicht mehr lediglich nach ihrer symptomatischen Bedeutung in Hinsicht fermentativer Vorgänge zu fragen. Aber es warnt die wiederholt berührte Thatsache, dass Spaltpilze zu den regelmässigen Befunden der Wasseruntersuchung zu rechnen sind, allen Ernstes vor einem übertriebenen Eifer.

Man muss sich darüber klar sein, dass es unter den verschiedenen Gattungen von Schizophyten*) beziehentlich deren einzelnen Arten (Formen oder Varietäten?) auch vollständig indifferente gibt, mit deren Verimpfung keinerlei infektiöse Wirkungen oder eine sonstige Störung des Wohlbefindens erzielt wird. Es gilt dies insbesondere für die Erreger der verschiedenen, gewöhnlich als „Fäulniss" zusammengefassten, gährungsartigen Vorgänge; denn die Erfahrungen des täglichen Lebens sprechen noch keinesfalls dafür, dass die An-

*) Micrococcus, Bacterium, Bacillus, Vibrio, Spirillum, Spirochaete (F. Cohn).

nahme einer pathogenen Bedeutung der Fäulnissorganismen oder Faulstoffe im Trinkwasser begründet ist.

Die Pathologie wird es als ihre erste Aufgabe ansehen müssen, dass sie die morphologischen und biologischen Verhältnisse derjenigen Mikroorganismen erforscht, welche dem Beobachter bei der Untersuchung von Organen und Auswurfstoffen des kranken Körpers als ein mehr oder weniger regelmässiger Befund entgegentreten, um zunächst festzustellen, ob dieselben in einem ursächlichen Zusammenhange mit der Krankheit stehen. Wenn sich dabei bestimmte, von anderen wohl unterscheidbare Formen als pathogen erweisen, wäre für die mykologische Prüfung des Wassers die erforderliche sichere Grundlage gefunden. In nächster Reihe hat man die in der Umgebung des Menschen in der Luft, im Wasser und im Boden sich vorfindenden Arten von niederen Lebewesen, und besonders die von der Pathologie schon als verdächtig bezeichneten, in einem durch Reinkulturen isolirten Zustande auf pathogene Eigenschaften mittelst des Infektionsversuches zu prüfen und in ihrem Verhalten unter verschiedenen Lebensbedingungen fortgesetzt zu beobachten.

Diese induktive Richtung der Forschung wird sich gewiss mit der Zeit als fruchtbringend erweisen. Uebrigens ist bei allen derartigen Untersuchungen, wenn die Verimpfung des fraglichen Mikroorganismus den Verdacht auf pathogene Eigenschaften nicht bestätigt, wohl zu erwägen, dass das negative Resultat einer grossen Anzahl von selbst auf viele Thierarten ausgedehnten Versüchen eine absolute Sicherheit in der Annahme der Unschädlichkeit noch nicht gewinnen lässt, weil bekanntermaassen die Empfänglichkeit für die Infektionsstoffe sowohl je nach Species als auch je nach Individuen Unterschiede zeigt und es Krankheiten des Menschen gibt, von welchen man bis auf den heutigen Tag noch nicht weiss, ob sie auf Thiere übertragbar sind.

## Die Verfahren der Untersuchung.

### I. Vorbemerkungen.

Schon die Entnahme einer Wasserprobe verlangt die Beachtung gewisser Cautelen, ohne welche selbst das Ergebniss der sorgfältigsten Analyse illusorisch werden müsste. Zur Ueberführung der Wasserprobe ins Laboratorium bedient man sich am besten einer reinen, weissen Glasflasche mit Glasstöpsel oder paraffinirtem Korkstöpsel, welche vorsichtshalber an Ort und Stelle vor dem Einfüllen nochmals mit dem zu untersuchenden Wasser auszuspülen ist. Je

nach Art der in Frage stehenden Bezugsquelle kann die Entnahme direkt oder mit Hilfe eines Schöpfgefässes geschehen.

Um Verwechslungen vorzubeugen, ist es geboten, die Flasche durch eine Etiquette oder besser durch eine Marke mit dem Schreibdiamanten zu kennzeichnen.

Mitunter verlangt die Fragestellung noch besondere Rücksichten bei der Entnahme. Beim Nachweis einer Beeinflussung durch das Leitungsmaterial ist es angezeigt, das Wasser zu entnehmen, nachdem es eine Zeit lang in der Röhre gestanden hat, dagegen wird man in anderen Fällen der Prüfung das Wasser aus Pumpbrunnen oder Leitungen vor dem Entnehmen erst einige Zeit ausfliessen lassen, um die Probe möglichst frisch zu bekommen. Ein anderes Mal ist es wichtig, zu beachten, dass die Zusammensetzung und die physikalische Beschaffenheit variirt je nach der Schicht und nach der Stelle, wo das Schöpfen stattfindet; es wird z. B., wenn die auf der Wasseroberfläche schwimmenden Theile mit bestimmt werden sollen, wie bei der Flussverunreinigungsfrage, rathsam sein, sich nicht nur eines sehr weiten Schöpfgefässes zu bedienen sondern auch Durchschnittsproben herzustellen.

Für alle Fälle ist bei der Entnahme mit Vorsicht das Aufrühren der Niederschläge an der Brunnensohle oder am Bette offener Wasseransammlungen zu verhüten.

Im Sinne meiner früheren Darlegungen ist die hygienische Analyse des Wassers vorwiegend eine quantitative. Die Menge der Wasserprobe soll daher nicht unter 2 Liter betragen.

Wegen der zeitlichen Schwankungen in der Beschaffenheit des Wassers ist es eine Bedingung der vergleichenden Prüfung, dass die Entnahme der Wasserproben nicht zu verschiedenen Zeiten erfolgt. Für die Beurtheilung des Werthes eines zum Versorgungszweck bestimmten Wassers ist es unbedingt erforderlich, dass die Prüfung in verschiedenen Jahreszeiten stattfinde. Es gilt als eine Bedingung der Güte, dass die Temperatur und die Zusammensetzung keine grossen Schwankungen zeigen.

Da die entnommene Wasserprobe beim Stehenlassen Veränderungen erfährt, was namentlich auch, für den Gehalt an Mikroorganismen gilt, ist es nicht unwesentlich, dass der Analytiker den Zeitpunkt für die Ausführung der einzelnen Untersuchungsabschnitte möglichst gleichmässig wählt und wenigstens bei Abweichungen von den üblichen Verhältnissen in seinem Berichte angibt, auf welche Zeit nach der Entnahme der Befund sich bezieht.

Selbstverständlich müssen die in der Analyse anzuwendenden Chemikalien vollkommen rein und zumal frei von dem Bestandtheile sein, auf den man prüfen will. Man hat daher unbedingt sich selbst von deren Reinheit zu überzeugen, da häufig auch die

sogenannten reinen Präparate und das destillirte Wasser Verunreinigungen enthalten.

Bei manchen analytischen Verfahren z. B. den colorimetrischen Methoden, ist man genöthigt, das zu untersuchende Wasser mit destillirtem Wasser zu verdünnen. Jedoch ist uns dabei eine Schranke in dem Umstande gezogen, dass selbst unbedeutende Beobachtungsfehler mit zunehmender Verdünnung mehr und mehr ins Gewicht fallen, weil sie mit dem Verdünnungscoëfficienten multiplicirt werden. In dieser Hinsicht ist es rathsam, eine stärkere Verdünnung als 1 : 10, wo möglich, zu vermeiden.

Bei den maassanalytischen Endreaktionen muss man sich daran gewöhnen, möglichst bis zum gleichen Farbenton jeweils zu titriren. Man kann zumeist diese Bedingung durch Anwendung einer gefärbten Vergleichsprobe sich wesentlich erleichtern, welche unter gleichen Verhältnissen, anstatt aus dem zu prüfenden, aus destillirtem Wasser und dem Indicator bereitet und mit einem Tröpfchen der Probeflüssigkeit versetzt ist.

Bevor man die Zahlenergebnisse von Wasseruntersuchungen anderer Beobachter verwerthet, ist nach den Verfahren zu fragen, durch welche dieselben gewonnen sind, denn es sind eigentlich nur solche Zahlen vergleichbar, welche mit der nämlichen Methode gefunden worden sind: Die Analyse ergibt nur relative, keine absoluten Werthe. Die Verschiedenheit der Verfahren, welche die Analytiker bei ihren Untersuchungen zur Bestimmung eines Wasserbestandtheils, z. B. der Salpetersäure, anwenden, bringt es mit sich, dass die Angaben für ein und dasselbe Wasser mitunter weitauseinandergehen. Selbst das nämliche Verfahren kann in Folge anscheinend geringfügiger Modificationen in der Ausführung ungleiche Versuchszahlen ergeben.

Wiederholt ist schon auf das Bedürfniss hingewiesen worden, dass man sich im Interesse der Vergleichbarkeit der Beobachtungsangaben über die Wahl der analytischen Methoden einige, wie dies nunmehr seitens der englischen society of public analysts geschehen ist.[11] Auch ich erachte es für sehr wünschenswerth, dass Schritte in dieser Hinsicht geschehen, bin indessen mit C. Flügge der Meinung, dass durch eine Gleichmässigkeit des Verfahrens nicht auch die Angaben des Gehaltes an organischen Stoffen und festen Bestandtheilen wesentlich an Bedeutung gewinnen werden, weil in dieser Weise nicht der Fehler zu begleichen ist, dass sie das Ergebniss von Collectivbestimmungen für eine überaus grosse Zahl von Körpern mit sehr ungleicher hygienischer Valenz ausdrücken.

In Hinsicht der Schreibweise, in welcher das Ergebniss der quantitativen chemischen Analyse mitgetheilt wird, vermissen wir

ebenfalls noch die Gleichmässigkeit. In älteren Angaben liest man den Befund auf 10 000 Theile, d. i. die Bestandtheile in mg auf 10 000 mg oder 10 ccm Wasser, ausgedrückt: heutzutage ist es üblich, entweder auf 100 000 Theile (d. i. in mg auf 100 ccm Wasser) oder auf 1 000 000 Theile (d. i. in mg auf 1 l oder in g auf 1 cbm Wasser) zu berechnen und wird die Schreibweise nach Milligramm im Liter in hygienischen Arbeiten zur Zeit mit Recht bevorzugt.

Nahezu allgemein im In- und Auslande dient das Gramm als Gewichtseinheit für die Berechnung, nur die englischen Analytiker geben den Befund in Grain pro Gallon (d. i. im Verhältniss von 1 : 70 000) an; 1 Grain = 0,0648 g, 1 Gallon = 4,543 l.

Die Härte eines Wassers, welche eine summarische Bezeichnung für den Gehalt an Kalk und Magnesia ist, wird in Härtegraden angegeben, die im Auslande eine andere Bedeutung haben wie bei uns. Der deutsche Härtegrad entspricht 1 Theil Calciumoxyd in 100 000 Theilen Wasser, der französische 1 Theil Calciumcarbonat in 100 000 Theilen Wasser, der englische 1 Grain Calciumcarbonat in 1 Gallon Wasser. Es ist sonach 1 deutscher Härtegrad = 1,79 französischen = 1,25 englischen Härtegraden (vgl. S. 19).

Die Wasseranalysen der englischen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung enthalten unter der Bezeichnung „frühere Verunreinigung“ eine Zahlenangabe, welche für uns nur durch einen Einblick in die Art ihrer Berechnung verständlich wird: Wenn man von der Summe des in Form von Ammoniak, Nitriten und Nitraten im Wasser sich vorfindenden Stickstoffes die Stickstoffmenge in Abzug bringt, welche das Regenwasser im Durchschnitte den Wasseransammlungen auf der Oberfläche und im Schoosse der Erde zuführt, lassen die reinen Gebirgswässer keinen Rest an Stickstoff in der Rechnung zurück. Das Mehr an Stickstoff, welches unreine Wässer zeigen, wird in der Voraussetzung, dass es von einer Verunreinigung mit thierischen Abfallstoffen oder städtischen Abwässern stamme, in einem Zahlenwerthe angegeben, welcher das Verhältniss dieses Stickstoffzuwachses zu dem Stickstoffgehalt des Londoner Sielwassers ausdrückt.[12]

Nach Analysen von E. Frankland enthält das Regenwasser im Liter bis 0,47 mg Stickstoff, im Mittel 0,32 mg. A. W. Hofmann und H. M. Witt fanden im Jahre 1857 den Stickstoffgehalt des Londoner Sielwassers zu 83,63 mg i. l, E. Frankland im Jahre 1870 zu 70,6 mg; als Vergleichungszahl wird derselbe zu rund 100 mg gerechnet.

Folgendes von Frankland gewählte Beispiel mag die Art der Berechnung erläutern: Es sei der gebundene Gesammtstickstoff eines Wassers zu 3,26 mg i. l gefunden worden und betrage derselbe nach Abzug von

0,32 mg für den Stickstoffgehalt des Regenwassers 2,94 mg i. l. Daraus berechnet sich die „frühere Verunreinigung“ $x = \frac{1\,000\,000 \cdot 2{,}94}{100} =$ 29 400 mg i. l, mit anderen Worten in 1 Liter dieses Wassers ist ebensoviel Stickstoff enthalten wie in 29,4 g Sielwasser.

Die chemische Analyse bestimmt die Metalle als Metalloxyde, die Alkalimetalle als Alkalichloride, die Säuren als Säureanhydride, während es der Rechnung vorbehalten bleibt, den Befund nach Maassgabe der chemischen Verwandtschaften zu gruppiren, d. h. die Säuren und Basen in Salze umzurechnen. In der Hygiene ist diese Berechnung der Analyse nicht üblich, dagegen theilen die Chemiker noch mit Vorliebe das Ergebniss in der gedachten Form mit. Die Art der Gruppirung ist eine empirische und entspricht der Wirklichkeit nur annähernd; dieselbe geschieht nach einem hergebrachten Schema, dessen Richtigkeit schon wiederholt angezweifelt worden ist:

Das ermittelte Chlor wird in der Berechnung an Alkalimetalle und der Rest der letzteren an Schwefelsäure und eventuell auch an Kohlensäure gegeben, etwa übrig bleibende Schwefelsäure ist als Sulfat von Calcium und Magnesium, die Erdalkalien sind im Uebrigen als Carbonate zu berechnen, die Salpetersäure und salpetrige Säure werden mit Ammoniak, die restirende Salpetersäure wird mit einem etwaigen Rest von Calcium und Magnesium in Verbindung gebracht; Eisen und Aluminium sind zusammen als Eisenoxyd und Thonerde, Kieselsäure ist für sich anzugeben.

Da die Vergleichszahlen zumeist nicht als Salze angegeben sind, kann sich bei der Begutachtung das Bedürfniss einstellen, das in den chemischen Verbindungen mitgetheilte Untersuchungsergebniss auf die einzelnen Bestandtheile zurückzurechnen. Das folgende Beispiel mag zugleich als Anweisung zur Berechnung dienen: Es soll für ein Wasser, welches im Liter 301,3 mg Calciumsulfat, 63,4 mg Calciumnitrat und 80,5 mg Calciumcarbonat enthält, die Kalkmenge ermittelt werden.

$$\underset{(136)}{CaSO_4} : \underset{(56)}{CaO} = 301{,}3 : x = 124{,}06$$
$$\underset{(164)}{Ca(NO_3)_2} : \underset{(56)}{CaO} = 63{,}4 : x = 21{,}64$$
$$\underset{(100)}{CaCO_3} : \underset{(56)}{CaO} = 80{,}5 : x = 45{,}08$$

sonach beträgt der Kalkgehalt 190,78 mg i. l.

## II. Methoden.

Im Folgenden werde ich die Technik der Wasseruntersuchung unter vorzugsweiser Berücksichtigung der für die Zwecke der Hygiene empfehlenswerthen, einfachen und handlichen Verfahren in gedrängter Form beschreiben. Eine weitere Erörterung über den Werth der einzelnen Methoden sowie eine gründliche Anleitung in der Ausführung derselben erachte ich als die Aufgabe specieller Abhandlungen und

Lehrbücher und vorweg als die Sache der hygienischen Unterrichts-Laboratorien.

*Die Vorprüfung.*[13]

Die Temperatur muss schon bei der Entnahme an Ort und Stelle bestimmt werden. Gewöhnlich geschieht die Messung durch Einlegen eines empfindlichen, in Zehntelgrade getheilten Quecksilber-Thermometers in das Gefäss, welches die Wasserprobe aufnimmt.

Für die Temperaturbestimmung an wenig zugänglichen Bezugsstellen, z. B. in tiefen Brunnenschachten, ist, wie bei Messung der Bodentemperatur, zu berücksichtigen, dass das in dieselben herabgelassene Thermometer seine Angaben während des Herausnehmens ändert. Man verhütet einen Beobachtungsfehler durch Anwendung besonderer Schutzvorrichtungen (Schöpfthermometer, Pinselthermometer), auch kann man sich eines Bodenthermometers bedienen, dessen geringe Empfindlichkeit für die Messung freilich einen grossen Zeitaufwand bedingt.

Auf den Geschmack ist, weil der Kohlensäuregehalt und die kühle Temperatur des Wassers das Geschmacksorgan beeinflussen, nicht bloss am frischen Wasser sondern nochmals nach einer Erwärmung desselben auf etwa 30° C. zu prüfen. Vergleichende Proben dürfen keinesfalls bei verschiedenen Temperaturen ausgeführt werden.

Abgesehen von der individuellen Verschiedenheit der Prüfenden ist die Geschmacksprobe für die Beurtheilung der Reinheit des Wassers nicht zuverlässig, weil selbst Verunreinigungen, wie früher bemerkt, zum Wohlgeschmack beitragen können. Gegen Schwefelwasserstoff ist dieselbe noch am empfindlichsten und vermag schon Spuren davon im Wasser zu erkennen.

Zum Nachweis eines Geruches schüttelt man vor dem Riechen die Wasserprobe energisch in einer damit zur Hälfte angefüllten Flasche. Manche Riechstoffe werden erst entbunden, wenn man auf etwa 40° C. erwärmt, andere verlangen überdies vor dem Erwärmen einen Zusatz von wenig Kalilauge.

Der Geruchsinn reagirt auch nur auf Schwefelwasserstoff mit besonderer Schärfe. Bisweilen verdeckt der Schwefelwasserstoff andere Riechstoffe, die dann erst nach dessen Bindung durch Zusatz von Kupfervitriollösung bemerkbar werden.

Um die Durchsichtigkeit und die Farbe des Wassers richtig zu beurtheilen, ist es rathsam, dasselbe mit einem normalen Wasser, am besten mit destillirtem, in gleich hoher Schicht (etwa 20 cm) zu vergleichen: Die beiden Proben werden in Glascylinder (von etwa 2,5 cm Durchmesser und 22 cm Höhe sowie mit flachem Boden) ein-

gefüllt und zum Durchsehen auf eine weisse Unterlage aus Papier oder Porcellan neben einander gestellt.

Ist eine abnorme Farbe des Wassers durch schwimmende Bestandtheile hervorgerufen, die beim ruhigen Stehen sich zu Boden niederschlagen oder durch Filtriren beseitigt werden, so lässt eine grünliche Färbung Algen vermuthen, eine weisslich graue Schimmelpilze oder Schizophyten, eine gelbliche Eisen oder eisenhaltigen Thon (Lehm). Von gelösten Stoffen bedingte Färbungen können durch Auslaugung von Huminsubstanzen des Bodens oder durch Beimengung von Industrieabfällen verursacht sein, eine gelbe oder gelbbraune Farbe weist gewöhnlich auf Huminsubstanzen hin.

Manche Trübungen und Färbungen entstehen im Wasser erst beim Stehenlassen, so kann sich unlösliches kohlensaures Eisenoxydul, welches als Bicarbonat in Lösung war, durch Verflüchtigung von Kohlensäure abscheiden und durch Oxydation in rostfarbiges Eisenoxyd übergehen (vgl. S. 19).

Der Grad der Trübung wird auf Vorschlag von A. Hiller in der Weise ermittelt, dass man nach Art der Sehproben eine kleine weisse Tafel, der Zahlen von verschiedener Grösse aufgedruckt sind, als Unterlage für den die Wasserprobe enthaltenden Glascylinder benutzt.

Zur Bestimmung der Stärke der Färbung vergleicht Kubel-Tiemann das Wasser mit einer Caramellösung von bekanntem Gehalt und drückt den Färbungsgrad in der entsprechenden Caramelmenge aus.

Die Reaktion des Wassers wird in Folge von Verunreinigungen nur sehr selten verändert gefunden; sie ist gewöhnlich neutral oder äusserst schwach sauer.

In dem specifischen Gewicht des Wassers erhält man nach Finkelnburg einen vorläufigen Aufschluss über den Gehalt an gelösten Stoffen. Zur Bestimmung desselben bedient sich Hiller des „Hydrometers“, eines fein gearbeiteten Areometers, das nach einer Kochsalzlösung derart getheilt ist, dass jeder Skalagrad einem Gehalt von 0,01 % Kochsalz oder von 0,1 g im Liter entspricht. Ein Trinkwasser sei nur dann als gut zu bezeichnen, wenn es bei der areometrischen Bestimmung nicht über 6° zeige.

### *Die Analyse der suspendirten Bestandtheile.*[14]

Von dem Vorhandensein nicht gelöster Körper, welche in Folge massenweiser Anhäufung oder vermöge ihrer Grösse schon einzeln mit dem unbewaffneten Auge erkennbar sind, nimmt man bereits bei der Prüfung des Wassers auf Klarheit und Farbe Notiz.

Mitunter, so beim Feststellen der Verunreinigung von Flüssen, kann es von Werth sein, die Menge der im Wasser enthaltenen suspendirten Theile zu erfahren. Dies kann entweder durch Sammeln derselben auf einem Filter von bekanntem Gewicht und Wägen

nach dem Trocknen bei 110° C. oder auch durch Ermittelung der Differenz im Gewichte der Trockenrückstände geschehen, die das Wasser vor und nach dem Filtriren hinterlässt.

Die mikroskopische Analyse muss mit der Vorsicht geschehen, dass in die Wasserprobe nicht von aussen, z. B. aus der Luft, während des Einfüllens oder der Beobachtung staubförmige Verunreinigungen und entwicklungsfähige Keime gelangen. Die erste Bedingung ist daher Reinlichkeit im Arbeiten und Gewandtheit im Ausführen der einzelnen untersuchungstechnischen Verfahren.

Man thut gut daran, für diesen Abschnitt der Untersuchung eigens kleine Wasserproben (25 bis 50 ccm) zu entnehmen, wozu kleine Glascylinder, Standgläser, Reagensröhrchen u. dgl. sich eignen. Befindet sich der Ort der Untersuchung nicht fern von dem der Entnahme, so verschliesst man die Probe am besten mit einem Wattepfropf, im anderen Falle mit einem Gummistöpsel oder man wendet Gläser mit sorgsam eingeriebenem Glasstöpsel an, dessen Verschlussfähigkeit man durch einen Paraffinaufguss vermehrt. Für Versendung von Proben auf weite Entfernungen empfiehlt sich das Einschmelzen in Glasröhren.

Die Gefässe zur Aufnahme der Wasserprobe, ebenso alle anderen Geräthe und Utensilien für die Untersuchung, sind nach dem Reinigen noch einer Sterilisirung mittelst Hitze zu unterziehen: Gläserne Cylinder, Krystallisationsschälchen, Platten, Pipetten u. dgl. hält man, gegebenen Falles sammt dem dazu gehörigen Wattepfropf oder Glasstöpsel 1 Stunde bei 150 bis 160° C. im Luftbad (Gläser mit Gummistöpsel 1/2 Stunde bei 100° C. im strömenden Wasserdampf). Andere Dinge wie Glasstäbe, Präparirnadeln, Messer, Platindraht u. dgl. werden durch Glühen sterilisirt.

Auch die bei der Untersuchung anzuwendenden Flüssigkeiten, so das destillirte Wasser, bedürfen einer derartigen Behandlung, damit die etwa darin enthaltenen Keime vom Versuch ausgeschlossen werden.

Das Reinigen der Glasgeräthe verlangt nicht nur Sorgfalt sondern zum Theil auch die Anwendung besonderer Mittel, z. B. die Glasplatten (Objektträger), welche Gelatinestreifen und Reinkulturen aufnehmen sollen, reinigt man in Wasser, eventuell in Alkohol, legt sie nach dem Abwaschen auf 24 Stunden in verdünnte Schwefelsäure (1 : 3), spült mit Wasser rein, trocknet und polirt sie schliesslich noch mit Hilfe eines mit Alkohol und Ammoniak befeuchteten Tuches.

Alsbald nach der Entnahme der Probe ist eine mikroskopische Prüfung behufs Feststellung der im frischen Wasser vorhandenen Dinge vorzunehmen. Dieser Ermittelung des momentanen Befundes kann man in den nächsten Tagen weitere Untersuchungen folgen lassen, um zu sehen, ob das Wasser beim Stehen unter Zimmertem-

peratur die Entwicklung von Vegetationen begünstigt. Dabei ist übrigens das zu Boden geschlagene Material und ein auf der Oberfläche etwa entstandenes Häutchen ebenfalls in Untersuchung zu ziehen. Der erste mikroskopische Befund bedarf zu seiner Ergänzung des Kulturversuchs, der gleichfalls mit dem frischen Wasser anzustellen ist.

Für die mikroskopische Untersuchung werden Präparate in folgender Weise bereitet: Zunächst behufs Aufsuchen grösserer Körper bringt man einen Tropfen Wasser mit einem Glasstab oder einer Glasröhre auf ein Deckgläschen, führt dasselbe auf einen einfachen oder besser einen hohlgeschliffenen Objektträger über und untersucht bei 100-facher Vergrösserung. Um die kleinsten Lebensformen bei einem vereinzelten Auftreten erkennbar zu machen, wird nicht nur die Anwendung von stärkeren Vergrösserungen sondern auch das Färben der Präparate erforderlich. Man führt einen Tropfen Wasser auf ein Deckgläschen über, trocknet denselben bei 120° bis 150° C ein, gibt einen Tropfen Methylenblaulösung hinzu, legt das Deckglas auf den Objektträger, spült das überschüssige Färbungsmittel mit destillirtem Wasser ab und untersucht bei 700-facher Vergrösserung (Oel-Immersion).

Die Methylenblaulösung wird mit concentrirtem Alkohol hergestellt und nach Bedarf mit destillirtem Wasser verdünnt.

Bezüglich anderer Färbungsmethoden und der Bedeutung der mikrochemischen Farbenreaktionen für die Bacterien-Untersuchung muss ich auf die Abhandlungen von C. Weigert[15], R. Koch[16], P. Ehrlich[17], C. Friedländer[14] u. A. verweisen.

Nicht immer, besonders wenn die Färbung des Präparats verschmäht oder sonst mit unzulänglichen technischen Hilfsmitteln gearbeitet wird, will es gelingen, in einem oder wenigen Tropfen Wasser die vorhandenen kleinsten Körperchen aufzufinden. Bevor man das Wasser für frei von Mikroorganismen erklärt, ist es angezeigt, entweder das mikroskopische Material aus der ganzen Wasserprobe durch Absitzenlassen zu vereinigen oder mit einzelnen Tropfen derselben Kulturversuche anzustellen.

Das Sammeln durch Decantiren hat nur den Nachtheil, dass man selbst unter Anwendung von Kälte, kaum mehr ein dem Befund am frischen Wasser annähernd entsprechendes Bild erhält.

Als weiteres Mittel zum Vereinigen des Materials ist das Filtriren durch Glaswolle zu nennen (Klebs); es bewährt sich dasselbe in der Entnahme von Proben aus Wasserleitungen, wobei sich die Glaswolle, eingeschlossen in einem Glasröhrchen, mittelst Gummiverbindung unter Vermeidung des Einflusses der Luft an der Mündung eines Ausflusshahns anbringen lässt. In solchen Fällen, so auch bei Pumpbrunnen, ist freilich darauf zu achten, dass nicht selten die Auslässe, der Brunnenstock

oder das Leitungsmaterial der Sitz von Mikroorganismen sind, welche das Wasser beim Durchfliessen aufnimmt.

Mehr für eine Prüfung auf anorganische Beimengungen ist das Einengen des Wassers durch Abdampfen oder Verdunsten empfohlen.

Schon an früherer Stelle (S. 102 u. ff.) habe ich bemerkt, wie mannigfaltig das mikroskopische Bild sein kann, das man bei der Untersuchung von Wasserproben erhält. Die Bestimmung der nur mit bewaffnetem Auge zu erkennenden Dinge, insbesondere des mykologischen Befundes, verlangt specielle Erfahrungen und Uebung, die Untersuchung auf Schizophyten setzt den Besitz der besten optischen Instrumente (Mikroskope mit Immersionssystemen, Abbe'schem Beleuchtungsapparat) voraus.

Der Nichtfachmann bedarf, um einigermaassen auch nur unter den zahlreichen Formen, welche von der morphologischen Forschung bis jetzt unterschieden und anerkannt sind, sich zurecht zu finden, der Anleitung eines Sachkundigen, welche ihm entweder durch direkte Führung oder mit Hilfe von Dauerpräparaten oder Abbildungen (insbesondere von Photogrammen) gegeben werden kann.

Derartige Abbildungen finden sich bei A. H. Hassall, Macdonald, B. Eiferth, C. B. Fox, R. Koch, C. Flügge, Parkes, Roth und Lex, Nowak u. A.

Sehr empfiehlt es sich, dass man selbst sich eine Sammlung von Dauerpräparaten mit der Zeit anlegt. Zum Conserviren von gefärbten (und ungefärbten) Präparaten kann man nach R. Koch Canadabalsam oder wässerige Lösung von essigsaurem Kali (1 : 2) verwenden; die letztere eignet sich besonders für Lackzellenpräparate. Die Technik des Anfertigens von Dauerpräparaten ist u. A. von Bachmann[18] beschrieben.
Uebrigens liefert in neuester Zeit auch die Verlagshandlung von Theodor Fischer (Kassel-Berlin) Collectionen mikroskopischer Präparate von Mikroorganismen und speciell von pathogenen Bacterien.

Die Reinkultur führt zur näheren Erkenntniss der morphologischen und biologischen Eigenschaften der im Wasser enthaltenen Keime der niedersten pflanzlichen Gebilde, sie ermöglicht es, zwischen einander sehr ähnlichen Varietäten oder Formen von Lebewesen noch Unterscheidungsmerkmale zu finden. Für die Untersuchung des Wassers verdient die von R. Koch (Mittheilungen des Gesundheits-Amtes) angegebene Methode der Kultur auf festem Nährboden unbedingt den Vorzug vor der Anwendung von Nährlösungen (vgl. S. 107). Man wird in einer Weizenschrotinfus-Gelatine zunächst ein für viele Arten von Mikroorganismen geeignetes Nährsubstrat haben, für andere aber einen mehr entsprechenden Nährboden (Fleischwasser-Pepton-Gelatine, Blutserum-Gelatine u. dgl.) suchen müssen.

Die Weizenschrotinfus-Gelatine wird in der Weise hergestellt, dass man eine Hand voll Weizenschrotmehl, nachdem es mit 200 ccm Wasser vermengt 24 Stunden lang gestanden hat, kocht, filtrirt, alsdann auf je 100 ccm des Filtrats 3 g Gelatine gibt, mit Natriumphosphat neutralisirt und durch Kochen sterilisirt.

Zu den Kulturversuchen verwendet man zunächst 4 kleine flache Schalen mit vertikalem Rand, sog. Krystallisationsschalen von etwa 6 cm Durchmesser, füllt mit einer Pipette in dieselben 3 mm hoch die durch Erwärmen flüssig gemachte, frisch sterilisirte Nährgelatine ein. Zum Schutz vor Keimen, welche aus der Luft einfallen könnten, bringt man diese Krystallisationsschalen, nachdem man sie noch numerirt hat, sofort in die feuchte Kammer, welche aus einer innen mit nassem Fliesspapier ausgekleideten Glasglocke und einem Glasteller (grossen Krystallisationsschale) besteht. Sobald die Nährgelatine auf etwa 40° bis 30° C. abgekühlt, so dass sie noch flüssig ist, aber nicht mehr durch ihre Temperatur die Entwicklungsfähigkeit der Mikroorganismen gefährdet, gibt man in die Krystallisationsschale mittelst einer Pipette das Wasser in verschiedenen Dosen und zwar 1, 3, 6 und 9 Tropfen, und vermengt schliesslich durch Umrühren mit einer Präparirnadel. Nachdem die Aussaat in dieser Weise geschehen, lässt man 24 Stunden bei 18 bis 25° C., geschützt vor der unmittelbaren Einwirkung des Tageslichtes stehen.

Selbstverständlich würden Mikroorganismen, welche nur bei einer höheren Temperatur wachsen oder langsamer sich vermehren, eine specielle Behandlung verlangen, welche von dieser allgemeinen Versuchsanordnung mehr oder weniger abweicht.

Durch die Anwendung von verschiedenen Portionen in den 4 Kulturproben erhält man vorweg einen Anhalt darüber, ob viele oder wenige entwicklungsfähige Keime im Wasser enthalten sind. Gewöhnlich haben sich, an mehreren Stellen des Präparates zerstreut, in Form von weissen Pünktchen Vegetationen entwickelt, die oft rasch bis zur Erbsengrösse heranwachsen und zuletzt, bisweilen unter Verflüssigung der Gelatine, in einander übergehen. Mit einiger Uebung lässt sich unterscheiden, ob die Keime für diese Vegetationen auch wirklich mit dem Wasser in die Gelatine verimpft oder ob sie beim Vorbereiten des Versuchs oder Oeffnen der Glasglocke aus der Luft hineingefallen sind, wodurch wohl Vegetationen an der Oberfläche des Nährbodens, nicht aber in den tieferen Schichten entstehen.

Im Falle eines negativen Befundes ist der Kulturversuch unter Anwendung des Materials zu wiederholen, das sich inzwischen in der Wasserprobe am Boden des Gefässes gesammelt hat.

Von der ersten Kultur impft man zur Herstellung von Reinkul-

turen auf Objektträger, auf welche Nährgelatine in einem langen Streifen aufgetragen ist, unter Controle des Mikroskops strichweise über und gibt diese Reinkulturpräparate gleichfalls auf 24 Stunden bei 18 bis 25 ° C. in die feuchte Kammer.

Die Reinkulturen bieten zumeist schon für das blosse Auge in der Anordnung der Vegetationen charakteristische Bilder, mit deren Unterscheidung freilich nur der in dieser speciellen mykologischen Technik Bewanderte vertraut ist.

Einige Typen dieser Art hat R. Koch mit seiner mehrerwähnten Arbeit in den Mittheilungen des Gesundheits-Amtes durch Photogramme bekannt gegeben.

Es sind diese Reinkulturen geeignet zur mikroskopischen Untersuchung, indem man für schwache Vergrösserungen dieselben direkt auf den Objekttisch bringen oder für die Beobachtung bei sehr starken Vergrösserungen Deckgläschen-Trockenpräparate mit oder ohne Färbung herstellen kann.

### *Prüfung auf gesundheitsschädliche Eigenschaften.*

Schliesslich liefern die Reinkulturen auch das Material zur Ermittelung von infektiösen Eigenschaften, für die Impfung von Thieren.

Die Prüfung auf toxische Wirkungen setzt voraus, dass man zuvor die im Wasser etwa vorhandenen Infektionsstoffe durch Sterilisiren (Aufkochen, Filtriren durch Glaswolle oder Thonzellen), dessen Erfolg übrigens durch Kulturproben zu controliren ist, vom Versuche ausschliesst. Dieselbe geschieht ebenfalls an Thieren durch subcutane Injektion von kleinen Mengen des Wassers mit besonders construirten Spritzen, welche eine vollkommene Sterilisirung zulassen. Bezüglich der speciellen Technik derartiger Beobachtungen hat auch R. Koch (a. a. O.) Anleitung gegeben.

In Anbetracht des noch bestehenden Mangels an Erfahrungen in Hinsicht der Wahl der zum Versuche geeigneten Thierspecies und angesichts der vorkommenden individuellen Unempfänglichkeit entscheidet der negative Erfolg nicht mit absoluter Sicherheit über die Zuträglichkeit des Wassers.

### *Analyse der gelösten Bestandtheile.*

**1. Trockenrückstand.** Das Wasser hinterlässt nach dem Verdampfen seine nicht flüchtigen Bestandtheile als Rückstand. Wenn die Wasserprobe klar ist, beziehentlich die suspendirten Beimengungen durch Filtriren oder Absitzenlassen zuvor daraus entfernt

werden, so erhält man im Rückstand die gelösten festen Bestandtheile.

Ausser der Menge des Rückstandes interessirt uns auch dessen Farbe: Reine Wässer geben einen weissen Trockenrückstand, durch organische Stoffe, Eisen und andere Beimengungen wird derselbe gelb bis gelbbraun gefärbt.

Ausführung: 250 ccm Wasser werden in einer tarirten Porcellanschale vorsichtig auf einem Asbestbad abgedampft, der Rückstand wird bei 110° C. im Luftbade getrocknet und die Schale, nachdem sie unter dem Exsiccator erkaltet, gewogen.

Berechnung: z. B. Rückstand brutto 70,1640 g
„ tara 70,0560
„ netto 0,1030 g auf 250 ccm
oder 432 mg auf 1 l Wasser.

Bemerkung: Je nach der Höhe der beim Trocknen angewandten Temperatur entweicht aus dem Rückstande das Wasser mehr oder weniger vollständig und wird auch Hydratwasser ausgetrieben, bei stärkerem Erhitzen zersetzt und verflüchtigt sich ein Theil der organischen Stoffe und geht Kohlensäure, Ammoniak und Salzsäure durch Umsetzung der Salze zu Verlust.

Die Vorschriften bezüglich der Trockentemperatur gehen weit auseinander, so verlangt Flügge 100° C., v. Pettenkofer 100 bis 110° C., Reichardt 110 bis 120° C., Kubel-Tiemann 150 bis 180° C. Wie sehr dieselbe aber beim Ergebniss ins Gewicht fällt, zeigen u. a. Beobachtungen von E. Sell[19], welcher z. B. für seine Wasserprobe Nr. 2 als Rückstandsmenge bei 100° C. 420 mg, bei 140° C. 320 mg und bei 180° C. sogar nur 220 mg im Liter erhielt.

**2. Glühverlust.** In der Glühhitze gibt der Trockenrückstand um so rascher und leichter eine rein weisse Asche als der Gehalt des Wassers an organischen Stoffen und an Eisen gering ist. Ein an organischen Theilen reicher Rückstand wird beim Erhitzen bald schwarz und riecht, wenn dieselben stickstoffhaltig, nach verbrannten Haaren oder Federn.

Ausführung: Der Trockenrückstand wird so lange geglüht, bis er weiss gebrannt ist. Um die verflüchtigte Kohlensäure zu ersetzen, befeuchtet man nach dem Erkalten die Asche mit kohlensäurehaltigem Wasser oder lässt sie in kohlensäurereicher Luft unter einer Glasglocke stehen. Nach Ablauf von etwa 12 Stunden trocknet man die Asche im Luftbade bei 110° C. und wägt.

Weil Porcellanschalen beim ersten Glühen leicht zerspringen oder ihr Gewicht ändern, ist es zweckmässig, sich für die Glühprobe — also schon bei Bestimmung des Rückstandes — einer Platinschale zu bedienen oder doch wenigstens die Porcellanschale vor der Tarirung gut auszuglühen.

Kohlensaures Ammoniak statt des kohlensäurehaltigen Wassers anzuwenden, ist nicht rathsam, weil dadurch sehr leicht Chloride und Sulfate der Alkalien und Erdalkalien zu Carbonaten umgesetzt werden.

Berechnung: z. B. Rückstand, brutto 70,1640 g
Asche " 70,1400
Glühverlust 0,0240 g
auf 250 ccm oder 96 mg auf 1 l Wasser.

Bemerkungen: Das Glühen entfernt nicht nur die organischen Stoffe, sondern bewirkt zugleich Zerlegungen und Umsetzungen von anorganischen Verbindungen, z. B. werden Nitrate und Nitrite zerstört, Sulfate durch Kohle reducirt, wird Kohlensäure durch Kieselsäure ausgetrieben; es entweichen dabei Ammonium- und Chlorverbindungen.

Man ist daher keinesfalls berechtigt, die Gewichtsabnahme, welche der Trockenrückstand in der Glühhitze erleidet, schlechtweg als „organische Substanz“ zu bezeichnen, wie dies früher vielfach geschah. Der Glühverlust zeigt auch schon deshalb die organischen Stoffe nicht richtig an, weil ein Theil derselben schon beim Eindampfen sich zersetzt und verflüchtigt, und weil der Trockenrückstand bald mehr bald weniger Wasser noch zurückhält. Durch das Wiederherstellen der Carbonate werden auch nicht annähernd diese Mängel des Verfahrens beglichen. Auch die dem Verfahren zu Theil gewordenen Modificationen waren nicht im Stande, es für die Bestimmung der organischen Stoffe geeignet zu machen.

**3. Nicht löslicher Theil des Rückstandes.** In kaltem, kohlensäurefreiem Wasser bleiben vom Trockenrückstande hauptsächlich die Carbonate der Erdalkalien ungelöst, so dass der nicht lösliche Theil annähernd die temporäre Härte anzeigt.

Ausführung: Nach geschehener Bestimmung des Rückstandes löst man die festen Bestandtheile in kaltem destillirten Wasser, das frei von absorbirter Kohlensäure ist, wäscht die Lösung auf ein Filter und filtrirt direkt in eine tarirte Porcellanschale, mit welcher alsdann das Verfahren der Rückstandsbestimmung wiederholt wird.

Berechnung: z. B. gefunden 432 mg i. l Trockenrückstand;
Rückstand des löslichen Theils, brutto 76,3251 g
" " " " tara 76,2376
netto 0,0875 g
auf 250 ccm oder 350 mg auf 1 l Wasser; davon nicht wieder löslich 432—350=82 mg auf 1 l oder temporäre Härte = 8,2⁰.

**4. Chlor, Chloride.** Zum qualitativen Nachweis des hauptsächlich als Chlornatrium im Wasser enthaltenen Chlors säuert man eine Probe von 10 bis 20 ccm im Reagenscylinder mit reiner Salpetersäure an und versetzt mit wenigen Tropfen einer Lösung von Silbernitrat: Es bildet sich Silberchlorid, welches als weissliche Trübung oder bei stärkerem Gehalte als käsiger Niederschlag sich ausscheidet und nach dem Auswaschen in Ammoniak leicht löslich ist.

Eigentlich entstehen durch Umsetzung mit dem Silbernitrat in der Probe noch andere Silbersalze, z. B. Silbercarbonate, welche aber in Folge ihrer Löslichkeit in verdünnter Salpetersänre die Chlorreaktion nicht stören.

Die quantitative Bestimmung des Chlors geschieht auf maassanalytischem Wege, indem man die Menge einer Silbernitratlösung von bekanntem Wirkungswerth misst, durch welche die im Wasser vorhandenen Chlorverbindungen zu Silberchloriden umgesetzt werden, und aus ihr den Chlorgehalt berechnet.

Derzeit sind zwei titrimetrische Verfahren gebräuchlich, das ältere von Mohr, das neuere von Volhard. Nach Mohr setzt man unter Zuhilfenahme von Kaliumchromat als Indicator genau nur so viel Silbernitrat der Probe zu, als deren Chlormenge entspricht; nach Volhard gibt man zur Probe das Silbernitrat ebenfalls in abgemessener Menge, aber davon mehr als zur Umsetzung der Chloride erforderlich ist, und ermittelt den Ueberschuss durch Titriren mit einer Lösung von Kaliumsulfocyanid (Rhodankalium).

Zufolge E. Sell's Erfahrungen, der die beiden Methoden einer sorgsamen Prüfung unterzogen hat, erhält man nach Mohr durchweg etwas mehr, nach Volhard etwas weniger Chlor, als der Wirklichkeit entspricht. Immerhin genügen beide Methoden für hygienische Zwecke. Wir ziehen das Mohr'sche Verfahren seiner Einfachheit halber vor; nach E. Sell gibt dasselbe mit Wasserproben von 50 ccm noch bei 35,5 mg Chlor i. l brauchbare Resultate, bei zunehmender Verdünnung wächst der Versuchsfehler.[19]

Qantitatives Verfahren nach Mohr. In neutralen Lösungen bilden chromsaure Salze mit Silbernitrat Niederschläge von Silberchromat mit orange- bis braunrother Farbe. Befinden sich neben chromsauren Salzen auch salzsaure Verbindungen, so werden zunächst die letzteren wegen ihrer grösseren Affinität zum Silber als Trübung oder Niederschlag von weisser Farbe abgeschieden, bevor Silberchromat bleibend ausfällt. In dieser Weise gibt das Auftreten einer nicht wieder verschwindenden Silberchromatreaktion beim Titriren ein Zeichen dafür, dass man die Wasserprobe mit der zur Um-

setzung der Chloride erforderlichen Menge der Silbernitratlösung versetzt hat.

In Ammoniak oder Salpetersäure ist Silberchromat löslich, von Kalioder Natronlauge wird dasselbe zersetzt, es ist daher die neutrale Reaktion unbedingt erforderlich. Das Ansäuern mit Salpetersäure ist indessen auch entbehrlich, weil Chromsäure in der Affinität zum Silber, wie man annimmt, dem Chlor am nächsten steht, so dass Silberchromat früher als die anderen Silberverbindungen auftritt.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Silbernitratlösung, von welcher 1 ccm genau 1 mg Chlor bindet. Man berechnet diese und ähnliche Probeflüssigkeiten mit Hilfe der chemischen Verhältnisszahlen:

$$\underset{(170)}{Ag\,NO_3} : \underset{(35{,}46)}{Cl} = x : 1$$

Sonach müssen in jedem ccm dieser Probeflüssigkeit 4,794 mg krystallisirtes trockenes Silbernitrat (= 4,794 g pro l) enthalten sein.

2) Kaliumchromatlösung; gesättigte Lösung von neutralem, gelbem, krystallisirtem Kaliumchromat.

3) Kochsalzlösung, von welcher 1 ccm genau 1 ccm der Silbernitratlösung entspricht, also 1 mg Chlor enthält:

$$\underset{58{,}46}{NaCl} : \underset{35{,}46}{Cl} = x : 1$$

Man hat laut dieser Gleichung 1,6486 g krystallisirtes, trockenes Kochsalz mit destillirtem Wasser zu 1 l Probeflüssigkeit zu lösen.

Ausführung. Eine Wasserprobe von 50 ccm, in einem Becherglase oder einer Porcellanschale, versetzt man mit 2 Tropfen Kaliumchromatlösung, so dass sie schwach gelb gefärbt ist, lässt aus einer Quetschhahnbürette tropfenweise Silbernitratlösung zufliessen und vermengt die Flüssigkeiten mit Hilfe eines Glasstabes. Sobald die Probe eine während des Umrührens nicht wieder verschwindende schwache Silberchromatreaktion, eine gelbrothe Farbe zeigt, liest man an der Bürette den Verbrauch an Silberlösung ab.

Für den Fall, dass man wider Willen mehr Silberlösung zugesetzt hat, als der Endreaktion entspricht, kann man den Ueberschuss durch Titriren mit der Kochsalzlösung erfahren und in Abzug bringen. Die Kochsalzlösung dient auch zur Controle der Silberlösung, die sich mit der Zeit verändern kann.

Berechnung. Da 1 ccm der Silberlösung genau 1 mg Chlor anzeigt, so gibt die Zahl der verbrauchten ccm dieser Probeflüssigkeit in Milligramm den Chlorgehalt von 50 ccm des untersuchten Wassers an.

Es seien z. B. verbraucht worden 3,1 ccm Silberlösung, also hat das Wasser im Liter einen Chlorgehalt von $3{,}1 \cdot 20 = 62$ mg.

Hätte aber die Silberlösung beim Controliren ihres Wirkungswerthes anstatt 1 nur 0,9 ccm Kochsalzlösung entsprochen, so betrüge der Chlorgehalt nur $62 \cdot 0{,}9 = 55{,}8$ mg.

Der Kochsalzgehalt des Wassers wird aus der Chlormenge durch Multiplikation mit 1,65 gefunden.

Bemerkung. Um bei einem geringen Chlorgehalt noch ein brauchbares Resultat zu erzielen, ist es rathsam, das Wasser einzuengen. Stark gefärbte Wässer dampft man ein, glüht den Rückstand schwach, nimmt ihn mit destillirtem Wasser auf und titrirt.

5. **Schwefelsäure, Sulfate.** Zum qualitativen Nachweis der Schwefelsäure im Wasser wird eine Probe von 20 ccm im Reagenscylinder mit Salzsäure angesäuert und mit einer Lösung von Chlorbarium versetzt. Die Schwefelsäure gibt sich durch eine weisse Trübung oder einen Niederschlag von Bariumsulfat zu erkennen. Der Zusatz von Salzsäure verhütet ein gleichzeitiges Ausfallen von anderen Bariumverbindungen, so von Bariumcarbonat.

Die quantitative Bestimmung ist gleichfalls auf die Reaktion mit Bariumchlorid begründet und kann entweder auf gewichtanalytischem Wege oder durch maassanalytische Verfahren mit einer Bariumchloridlösung von bekanntem Wirkungswerth ausgeführt werden, von welchen einige noch eine titrirte neutrale Kaliumchromatlösung zu Hilfe nehmen.

Die im Folgenden beschriebene gewichtsanalytische Methode ist, wenn auch etwas umständlich, brauchbarer als die maassanalytischen.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) concentrirte Salzsäure, 2) verdünnte Lösung von Bariumchlorid (1 : 20).

Ausführung: 250 ccm Wasser in einem Becherglase werden, mit 2 Tropfen Salzsäure versetzt, zum Sieden erhitzt. (Bei einem geringen Gehalt an Sulfaten wird es erforderlich, grössere Mengen Wasser zu nehmen und auf 250 ccm einzudampfen.) Zu dem siedenden Wasser wird sodann von der Bariumchloridlösung tropfenweise zugesetzt, bis keine sichtliche Fällung mehr dadurch bewirkt wird. Um den Niederschlag compakter zu machen, erwärmt man gelinde noch etwa eine Viertelstunde, lässt absitzen und filtrirt hierauf, nachdem man sich zuvor überzeugt hat, dass auch alle Schwefelsäure ausgefällt ist.

Diese Prüfung geschieht am einfachsten in der Weise, dass man einen Tropfen der klaren Flüssigkeit mit einem Tropfen verdünnter Schwefelsäure auf einer Glasplatte mit schwarzer Unterlage zusammenbringt und sieht, ob eine Trübung entsteht, welche anzeigen würde, dass schon Bariumchlorid im Ueberschuss zugesetzt ist.

Den Niederschlag sammelt man auf einem kleinen Filter von bekanntem Aschengehalt, das man mit Alkohol (10% Tr.) befeuchtet hat, um seine Poren für das feinkörnige Bariumsulfat undurchgängig zu machen. Auch beim Ausspülen des Becherglases leistet der Alkohol gute Dienste. Das Filter wird, nachdem der Niederschlag mit salzsäurehaltigem Wasser sorgfältig ausgewaschen, bei 100° einige Stunden getrocknet, alsdann im Platintiegel geglüht und die Aschenmenge endlich auf der Wage ermittelt.

Da in Folge einer reducirenden Wirkung der Kohle aus Bariumsulfat häufig Bariumsulfid sich bildet, ist es rathsam, die Asche mit Schwefelsäure anzufeuchten, diese zu verdampfen und die Asche nochmals leicht zu glühen.

Berechnung: Man hat die gefundene Bariumsulfatmenge, um auf Schwefelsäure zu rechnen, nur mit 0,3433 zu multipliciren, denn

$$\underset{(233)}{BaSO_4} : \underset{(80)}{SO_3} = 1 : x$$

z. B. Asche, brutto 33,9261 g
tara { 33,8112
Filterasche { 0,001
auf 250 ccm Wasser, netto 0,1139 g $BaSO_4$ oder
„ 1000 „ „ 455,6 mg $BaSO_4$

daraus

$$455{,}6 \cdot 0{,}3433 = 156{,}41 \text{ mg } SO_3 \text{ im Liter.}$$

Bemerkungen: Auch gegen die gewichtsanalytische Schwefelsäurebestimmung hat man Bedenken erhoben: Der Niederschlag falle leicht so feinkörnig aus, dass er durchs Filter gehe, beim Absetzen schliesse er andere Salze ein, von welchen er kaum zu reinigen sei, auch kohlensaure Verbindungen würden durch Bariumsalze zersetzt werden. Alle diese Mängel werden durch die Beachtung der für die Ausführung des Verfahrens angegebenen Cautelen auf ein geringes Maass herabgesetzt und zum Theil vollkommen beseitigt.

**6. Kalk.** Zum qualitativen Nachweis des Calciums versetzt man eine Probe von 25 ccm Wasser mit einigen Tropfen Salmiak, Oxalsäure und Ammoniak. Calcium wird durch eine weisse Fällung von Calciumoxalat angezeigt, das unlöslich ist in Essigsäure und löslich in Salzsäure.

Da die Kalkverbindungen im Wasser vorzugsweise Bicarbonate und Sulfate sind, so wird eine Trübung des Wassers beim Kochen für kohlensauren Kalk und der Nachweis von Schwefelsäure für Gyps sprechen.

Die quantitative Bestimmung verfährt, wenn sie gewichtsana-

lytisch erfolgen soll, nach dem gleichen Princip wie die qualitative Prüfung, zum Schluss wird der Niederschlag von Calciumoxalat auf einem Filter von bekanntem Aschegehalt gesammelt, ausgewaschen, durch schwaches Glühen in Carbonat verwandelt und als kohlensaurer Kalk gewogen.

Es steht aber auch ein maassanalytisches Verfahren nach Mohr zu Gebot, welches keinen grossen Zeitaufwand beansprucht und doch gute Dienste thut. Auch hierbei wird der Kalk in Calciumoxalat übergeführt, aber es geschieht dies mit Hilfe einer titrirten Oxalsäurelösung, die man in einer bestimmten Menge aber in Ueberschuss zusetzt und mit einer Lösung von Kaliumpermanganat zurücktitrirt.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Oxalsäurelösung, von welcher 1 ccm genau 2,8 mg Kalk anzeigt:

$$\underset{(126)}{(C_2O_4H_2 + 2H_2O)} : \underset{(56)}{CaO} = x : 2{,}8.$$

Man löst 6,3 g trockener, krystallisirter, (nicht verwitterter) Oxalsäure*) zu 1 l. 2) Chamäleonlösung; 3 g krystallisirtes Kaliumpermanganat gelöst zu 1 l. 3) Ammoniakflüssigkeit. 4) concentrirte Schwefelsäure.

Ausführung. In einer Kochflasche, die 300 ccm fasst und am Halse für diesen Inhalt eine Eichmarke erhält, werden 100 ccm Wasser mit 25 ccm Oxalsäure und hierauf mit Ammoniak eben bis zur schwach alkalischen Reaktion versetzt.

Damit der entstandene Niederschlag von Calciumoxalat sich durch Filtriren leichter entfernen lässt, wird die Probe zum Sieden erhitzt und einige Minuten gekocht. Nach dem Abkühlen zur ursprünglichen Temperatur füllt man den Kochkolben mit destillirtem Wasser bis zur Marke auf und filtrirt seinen Inhalt durch ein Faltenfilter.

Vom klaren Filtrat werden 100 ccm in eine ½ l-Kochflasche mittelst Pipette übergeführt und zur Ermittelung der überschüssigen Menge Oxalsäure in folgender Weise behandelt: Man gibt zu den 100 ccm der verdünnten Probe 5 ccm Schwefelsäure, erwärmt unter Controle eines Thermometers auf 60° C, lässt aus einer Glashahn- oder Chamäleonbürette Kaliumpermanganat so lange unter Umschütteln tropfenweise zufliessen, bis eine bleibende schwache Rothfärbung sich einstellt, und liest schliesslich die verbrauchte Chamäleonmenge an der Bürette ab.

Um den Wirkungswerth der Chamäleonlösung zu ermitteln, wiederholt man dieses Verfahren, gibt in die nämliche Flüssigkeit, in welcher man zuvor den Rest an freier Oxalsäure durch den Zusatz

*) Reine Oxalsäure schwärzt sich beim Glühen nicht und verflüchtigt sich ohne Rückstand.

von Chamäleon zu Kohlensäure und Wasser oxydirt hat, neuerdings 25 ccm Oxalsäure und 5 ccm Schwefelsäure, erwärmt auf 60° C und titrirt mit Kaliumpermanganat bis zur gleichen Röthung. Der Verbrauch an Chamäleonlösung entspricht dieses Mal genau 25 ccm Oxalsäure; wir bezeichnen denselben mit Titer (Wirkungswerth).

Berechnung: Da 1 ccm Oxalsäure 2,8 mg Kalk anzeigt, so entsprechen 25 ccm einer Kalkmenge von 70 mg. Von der auf 300 ccm verdünnten Probe sind mit Chamäleon nur 100 ccm, also ⅓, titrirt worden, wir müssen daher das Ergebniss mit 3 multipliciren. Die Differenz dieses Produktes mit dem Titer drückt den eigentlichen Oxalsäureverbrauch in Chamäleonlösung aus; den entsprechenden Kalkgehalt erfährt man aus der Proportion

$$x = \frac{\text{Differenz} \times 70}{\text{Titer}}.$$

Beispiel:

| | | |
|---|---|---|
| zu 100 ccm der Flüssigkeit verbraucht | 7,1 ccm | Chamäleon |
| „ 300 „ „ „ „ | 21,3 „ | „ |
| Titer der Oxalsäure | 26,5 „ | „ |
| auf Kalk verbraucht 26,5—21,3 = | 5,2 „ | „ |

$$26{,}5 : 5{,}2 = 70 : x$$

sonach sind in den (auf 300 ccm verdünnten) 100 ccm Wasser 13,7 mg CaO oder im Liter 137 mg Kalk enthalten.

Bemerkungen. Bei hartem Wasser sind 50 ccm Oxalsäure zu nehmen, die Rechnung ändert sich dementsprechend.

Das Titriren mit Chamäleon lässt sich auch in einer Porcellanschale ausführen; der Eintritt der Farbenreaktion ist auf diese Weise schärfer zu erkennen.

**7. Magnesia.** Zum qualitativen Nachweis des Magnesiums fällt man in 30 ccm Wasser in der zuvor angegebenen Weise das Calcium als Oxalat aus, kocht und filtrirt. Zum Filtrat, das auf Zusatz von Ammoniumoxalat sich nicht mehr trüben darf, wird, nachdem es erkaltet ist, Natriumphosphatlösung und noch einige Tropfen Ammoniak gegeben. Beim Vorhandensein von Magnesium entsteht ein weisser krystallinischer Niederschlag von phosphorsaurer Ammoniak-Magnesia, dessen Auftreten man durch Umrühren mit einem Glasstabe beschleunigen kann.

Die quantitative Bestimmung kann in der gleichen Weise geschehen, indem man zuletzt den Niederschlag auf einem Filter sammelt, glüht und als pyrophosphorsaure Magnesia wägt. Dieses Verfahren lässt sich bei einem grossen Magnesiagehalt auch titrime-

trisch zu Ende führen, indem man die Menge der Phosphorsäure im Niederschlag mit einer titrirten Lösung von Uranacetat bestimmt und aus ihr die Magnesia berechnet.

Eine andere, indessen keine empfehlenswerthe Methode besteht darin, dass man einerseits den Kalk- und Magnesiagehalt summarisch als Härte, andererseits den Kalkgehalt noch einzeln bestimmt und die Differenz der Ergebnisse als den Magnesiagehalt annimmt.

8. **Härte.** *) Die Carbonate von Kalk und Magnesia werden im Wasser durch Kohlensäure als Bicarbonate in Lösung gehalten. Durch Kochen lässt sich diese halbgebundene Kohlensäure austreiben, die Carbonate fallen sodann als weisser Niederschlag aus, mit ihnen kann die vorübergehende Härte durch Filtriren beseitigt werden. Die übrigen Erdsalze — Sulfate, Nitrate und Chloride von Calcium und Magnesium — welche in Lösung bleiben, bilden die bleibende Härte des Wassers.

Um die Gesammthärte eines Wassers zu ermitteln, verfährt man am sichersten in der Art, dass der Gehalt an Kalk und Magnesia einzeln bestimmt und der für Magnesia gefundene Werth, umgerechnet in die äquivalente Menge Kalk, zum gefundenen Kalkgehalt addirt wird. Man hat den Magnesiagehalt mit 1,4 zu multipliciren, wenn man auf Kalk umrechnet, denn

$$\underset{(56)}{CaO} : \underset{(40)}{MgO} = x : 1$$

z. B. an Calciumoxyd gefunden:

136 mg im Liter = 13,6 mg in 100,000 Th.

an Magnesiumoxyd gefunden:

15 mg im Liter = 1,5 mg in 100,000 Th.

$1,5 \cdot 1,4 = 2,1$ mg Kalk

Härte $13,6 + 2,1 = 15,7^0$.

Die vorübergehende Härte kann man genau nur aus der Differenz des Ergebnisses der Bestimmungen von Kalk und Magnesia vor und nach dem Kochen des Wassers erfahren.

Unter der mitunter trügerischen Voraussetzung, dass die Kohlensäure, welche man mit v. Pettenkofer's Verfahren bestimmt, vorzugsweise an Carbonate von Kalk und Magnesia gebunden war, berechnet man die temporäre Härte auch aus dem Kohlensäuregehalt, indem man diesen, ausgedrückt auf 100 000 Th., mit 1,27 multiplicirt; denn

$$\underset{(44)}{CO_2} : \underset{(56)}{CaO} = 1 : x.$$

In gleicher Weise gibt, wie oben mitgetheilt, der in kaltem,

---

*) Vgl. S. 19 und 148.

kohlensäurefreiem Wasser nicht lösliche Theil des Trockenrückstandes einigen Aufschluss über die vorübergehende Härte.

Die bleibende Härte wird aus der Differenz von Gesammthärte und vorübergehender Härte ermittelt. Ob man es bei der bleibenden Härte mit viel Gyps zu thun hat, ergibt sich aus der Schwefelsäurebestimmung.

Die summarische Härtebestimmung: Anstatt der Einzelbestimmungen von Kalk und Magnesia bedient man sich, insbesondere für Härtebestimmungen zu technischen Zwecken und Wasserversorgungsvorarbeiten, in der sog. Seifenprobe eines summarischen, abgekürzten Verfahrens. Dasselbe ist auf die Erscheinung begründet, dass das fettsaure Alkali der Seife sich mit den Salzen der Erdalkalimetalle und des Magnesiums zu unlöslichen Fettsäureverbindungen und löslichen Alkalisalzen umsetzt und dass sich beim Schütteln der Probe auf deren Oberfläche erst nach beendigter Umsetzung der Erdsalze ein bleibender Schaum bilden kann.

Von den gebräuchlichen 3 Verfahren (Clark, Boutron und Boudet, Wilson) findet im Folgenden das nach Clark, modificirt von Faisst und Knauss, eine kurzgefasste Beschreibung.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Lösung von Bariumchlorid zum Einstellen der Seifenlösung, dieselbe soll in 100 ccm die 12 mg Kalk entsprechende Barytmenge enthalten:

$$\underset{(244)}{(BaCl_2 + 2H_2O)} : \underset{(56)}{CaO} = x : 0{,}12.$$

Es sind sonach 0,523 g krystallisirtes, trockenes Bariumchlorid zu 1 Liter zu lösen. — 2) Seifenlösung von welcher 45 ccm genau 100 ccm der Bariumsalzlösung entsprechen, also 12 Th. Kalk in 100 000 Th. Wasser (12 Härtegrade) anzeigen. Die Bereitung derselben geschieht auf empirischem Wege:

Man löst 20 Th. reiner Kaliseife in 1000 Th. Alkohol von 56 % Tr., verdünnt nach Bedarf mit Alkohol von der gleichen Stärke, bis die vorgeschriebene Concentration erzielt ist.

Ausführung: In ein Glas mit Glasstöpsel (Pulverglas), das 200 ccm fasst und für 100 ccm Inhalt eine Marke trägt, gibt man 10 ccm des zu prüfenden Wassers und füllt bis zur Marke mit destillirtem Wasser auf. Die titrirte Seifenlösung fügt man zur Wasserprobe aus einer Ausgussbürette oder einer mit Vaseline verdichteten Glashahnbürette hinzu und schüttelt von Zeit zu Zeit kräftig. Sobald der dabei auf der Oberfläche der Probe entstehende Schaum sich in dicht gedrängten, kleinen und gleichmässigen Blasen beim ruhigen Stehen 5 Minuten lang ohne wesentliche Veränderung hält, kann die Um-

setzung als vollendet gelten und ist das Hinzufügen von Seifenlösung einzustellen, die Bürette abzulesen.

Dieser ersten Probe lässt man eine zweite folgen, um den ermittelten Härtegrad genauer festzustellen. War nur wenig Seifenlösung das erste Mal verbraucht worden, wendet man eine geringere Verdünnung des Wassers an oder verzichtet selbst ganz auf dieselbe.

Es gilt als Regel, dass auf 100 ccm Wasser nicht mehr als 45 ccm Seifenlösung verbraucht werden. Uebrigens ist für die Verdünnung des Wassers nicht sowohl der Gesammtgehalt an Kalk und Magnesia maassgebend als besonders das unter dem Einfluss von Magnesiumverbindungen erfolgende Auftreten von schaumigen Häutchen und Krusten auf der Oberfläche der Probe, welches das Verfahren stört.

Berechnung: Eigentlich müsste nach Maassgabe des Titers jeder ccm der Seifenlösung $^{45}/_{12} = 3{,}75$ Härtegrade anzeigen. Da aber der Seifenverbrauch keineswegs der Härte einfach proportional ist, muss man sich einer auf empirischer Grundlage aufgestellten, Tabelle bedienen und aus ihr den entsprechenden Härtegrad ablesen beziehentlich durch Interpolation berechnen.

| Seifenlösung | Härtegrad | Seifenlösung | Härtegrad | Seifenlösung | Härtegrad |
|---|---|---|---|---|---|
| 3,4 ccm | 0,5 | 18,9 ccm | 4,5 | 33,3 ccm | 8,5 |
| 5,4 = | 1,0 | 20,8 = | 5,0 | 35,0 = | 9,0 |
| 7,4 = | 1,5 | 22,6 = | 5,5 | 36,7 = | 9,5 |
| 9,4 = | 2,0 | 24,4 = | 6,0 | 38,4 = | 10,0 |
| 11,3 = | 2,5 | 26,2 = | 6,5 | 40,1 = | 10,5 |
| 13,2 = | 3,0 | 28,0 = | 7,0 | 41,8 = | 11,0 |
| 15,1 = | 3,5 | 29,8 = | 7,5 | 43,4 = | 11,5 |
| 17,0 = | 4,0 | 31,6 = | 8,0 | 45,0 = | 12,0 |

Der nach der Tafel gefundene Härtegrad ist schliesslich noch mit dem Verdünnungscoëfficienten zu multipliciren. Man habe z. B. für 50 ccm Wasser, welche auf 100 ccm verdünnt waren, 20,8 ccm Seifenlösung verbraucht. Nach der Tabelle zeigt diese Seifenmenge 5 Härtegrade an. Da aber in der Probe anstatt 100 ccm Wasser nur 50 ccm angewandt worden waren, so ist das Ergebniss noch mit 2 zu multipliciren.

Bemerkungen: Die Anwendung einer Tabelle schliesst nur unvollkommen die Fehlerquelle aus, welche in der ungleichen Umsetzung der verschiedenen Salze der Erdalkalimetalle und des Magnesiums vorliegt. Auch genügt die Verdünnung nicht als Cautele zur Verhütung von Fehlern, die aus der Bildung von Häutchen und Krusten auf der Oberfläche der Probe entstehen. Ein weiterer, übri-

gens wenig bedeutsamer Mangel des Verfahrens liegt noch in der zersetzenden Wirkung der freien Kohlensäure auf die Seife.

**9. Organische Stoffe.** Für den qualitativen Nachweis von organischen Stoffen im Wasser besitzt man im Eindampfen einer Probe von etwa 100 ccm und Glühen des Rückstandes ein geeignetes Verfahren (vgl. Glühverlust).

Wenn Kaliumpermanganat mit reducirenden Körpern, wie es die organischen Stoffe im Wasser zu grossem Theil sind, in Berührung kommt, verliert es einen Theil seines Sauerstoffes; es zerfällt das violette übermangansaure Salz in Gegenwart von freier Schwefelsäure zu einer farblosen Verbindung (schwefelsaurem Manganoxydul) und zu freiem Sauerstoff, der die organischen Stoffe oxydirt:

$$\underset{(316)}{2KMnO_4} + 3H_2SO_4 = 2MnSO_4 + \underset{(80)}{O_5} + K_2SO_4 + 3H_2O.$$

Dabei geben 2 Moleküle Chamäleon 5 Atome Sauerstoff oder 316 Gewichtstheile Chamäleon 80 Gewichtstheile Sauerstoff. Ist dagegen nicht genug Säure vorhanden, so fallen in feinster Zertheilung andere Manganverbindungen aus, z. B. Manganoxydhydrat und Mangansuperoxydhydrat, welche die Probe mitunter gelb bis braun färben.

Aus dem Verbrauch an Chamäleon wird auf die Menge des zur Reduktion der organischen Stoffe erforderlichen Sauerstoffs geschlossen. Da es aber schwierig ist, eine genaue und haltbare Probeflüssigkeit aus Chamäleon zu bereiten, wird das Verfahren unter Zuhilfenahme einer Oxalsäurelösung von bekanntem Wirkungswerth ausgeführt, welche leicht zu dosiren und constant zu halten ist.

Auch Eisenoxydul, salpetrige Säure und Schwefelwasserstoff reduciren Kaliumpermanganat. Man darf daher bei Beurtheilung der Angaben des vorliegenden Verfahrens die Frage nicht unbeanwortet lassen, ob der Verbrauch an Chamäleonlösung auf Rechnung der organischen Stoffe allein zu setzen ist oder nicht.

### Quantitative Ermittelung der Oxydirbarkeit (Kubel).

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Chamäleonlösung; 0,3 g krystallisirtes Kaliumpermanganat gelöst zu 1 l. 2) verdünnte Schwefelsäure, 1 vol. zu 3 vol. Wasser. 3) Oxalsäurelösung, 0,63 krystallisirte, trockene Oxalsäure, gelöst zu 1 l.

Bevor man beim Bereiten der Oxalsäurelösung auf 1 l genau auffüllt, fügt man zum Zwecke der Conservirung 1 Tropfen einer concentrirten Sublimatlösung hinzu.

Ausführung: 100 ccm Wasser werden in einer Kochflasche von etwa 300 ccm Inhalt (oder einer Porcellanschale) mit 5 ccm Schwefelsäure und mit Kaliumpermanganatlösung aus einer Ausguss-

oder Glashahnbürette bis zur starken Röthung versetzt, zum Sieden erhitzt und 10 Minuten lang gekocht. Hierauf fügt man 10 ccm Oxalsäurelösung allmählich unter Schütteln (beziehungsweise Umrühren mit einem Glasstabe) hinzu und titrirt die Probe neuerdings mit Chamäleonlösung, bis eine bleibende, sehr schwache Röthung auftritt.

Die abgelesenen ccm Chamäleonlösung geben mit dem für die organischen Stoffe im Wasser verbrauchten Kaliumpermanganat auch die auf Reduktion der zugesetzten Oxalsäure verwendete Menge an. Um die letztere in Abzug bringen zu können, muss man den Titer der Oxalsäure ermitteln. Die Titerstellung kann entweder sofort an der vom Versuch übrig gebliebenen Flüssigkeit, die nunmehr frei ist von reducirenden Körpern, geschehen oder an destillirtem Wasser, indem man genau das Verfahren wiederholt.

Es ist zu berücksichtigen, dass das destillirte Wasser selten ganz rein von reducirenden Stoffen ist, wenn man es nicht unter Zusatz einer alkalischen Chamäleonlösung destillirt und die erste Fraktion beseitigt hat.

Berechnung: Die Oxalsäure bedarf zu ihrer Oxydation in Kohlensäure und Wasser einer bestimmten Menge Sauerstoff

$$(\underset{(126)}{C_2O_4H_2} + 2\,H_2O) + \underset{(16)}{O} = 2\,CO_2 + 3\,H_2O.$$

1 Molekül Oxalsäure beansprucht 1 Atom Sauerstoff oder 126 Gewichtstheile Oxalsäure 16 Gewichtstheile Sauerstoff. Da 316 Gewichtstheile Chamäleon 80 Gewichtstheile Sauerstoff geben, so oxydiren dieselben $^{80}/_{16} \times 126$ Gewichtstheile Oxalsäure. Die im Versuch angewandte Lösung enthält 0,63 g Oxalsäure im l, also 6,3 mg in den 10 ccm, welche sonach 3,16 mg krystallisirtem Kaliumpermanganat oder 0,8 mg Sauerstoff entsprechen.

Aus der für die organischen Stoffe abzüglich der für Oxalsäure verbrauchten Chamäleonmenge (n) und dem für 10 ccm Oxalsäure allein erforderlichen Quantum (t), lässt sich der Verbrauch an Sauerstoff (O) oder an Kaliumpermanganat (K) in mg auf 100 ccm Wasser mit folgenden allgemeinen Formeln berechnen:

$$O = \frac{n \cdot 0,8}{t} \text{ und } K = \frac{n \cdot 3,16}{t}$$

z. B. für organische Stoffe sammt Oxalsäure verbraucht

| | | |
|---|---|---|
| | 10,6 ccm | Chamäleonlösung |
| für Oxalsäure allein verbraucht . . . | 6,8 „ | „ |
| für organische Stoffe allein verbraucht | 3,8 „ | „ |

$O = \frac{3,8 \cdot 0,8}{6,8} = 0,447$ mg Sauerstoff auf 100 ccm Wasser oder 4,47 mg auf 1 l Wasser.

Bemerkungen: Indem ich in die Kritik der Chamäleonprobe eintrete, werde ich zugleich den übrigen Theil der auf die organischen Stoffe gerichteten Methodik besprechen und die bekannteren Verfahren, soweit erforderlich in Kürze darlegen; die anderen Methoden haben mit diesen das Princip gemein und sind zumeist nur als Modificationen derselben anzusehen. (Vgl. Kubel-Tiemann, Tiemann-Preusse[20], C. Flügge, E. Sell.)

1. Indirekte Bestimmung durch vollständige Analyse. Als „organische Substanz“ wird in der berechneten Analyse die Differenz zwischen dem Gesammtrückstand und der Summe der einzelnen, im Wasser vorhandenen mineralischen Verbindungen bezeichnet. Diese rechnerische Ermittelung leidet an dem Fehler, dass die ihr zu Grunde gelegte Bestimmung des Rückstandes und Berechnung der Analyse die oben bezeichneten Mängel haben.

2. Bestimmung des Glühverlustes des Trockenrückstandes. Bei Beschreibung dieses Verfahrens habe ich dessen Mängel schon gekennzeichnet und dargethan, dass es eine befriedigende Auskunft über die Gesammtmenge der organischen Stoffe im Wasser nicht zu geben vermag.

3. Bestimmung des Kohlenstoff- und des Stickstoffgehaltes der organischen Stoffe.

a) Frankland und Armstrong ermitteln die Kohlenstoff- und Stickstoffmenge gleichzeitig in einer Portion des Wasserrückstandes durch Verbrennung: In einer abgemessenen Menge des Wassers (0,5 bis 1 l) werden die Carbonate, Nitrate und Nitrite durch Kochen während einiger Minuten unter Zusatz von schwefliger Säure- und Eisenchloridlösung zerstört und die Kohlensäure, Salpetersäure und salpetrige Säure beseitigt. Um etwa auftretende freie Schwefelsäure zu binden, fügt man nunmehr Natriumsulfit hinzu und dampft alsdann zur Trockene ein. Der Rückstand wird nach den Regeln der Elementaranalyse mit Kupferoxyd verbrannt, nachdem die Verbrennungsröhre zuvor mit der Luftpumpe evacuirt worden ist. Schliesslich führt man die gasförmigen Verbrennungsprodukte mittelst der Luftpumpe in ein Eudiometer über und verfährt im Weiteren nach Vorschrift der Gasanalyse.

Die Angaben dieser Methode sind trotz ihres grossen Aufwandes an Zeit und technischem Apparat keineswegs vollkommen genau: Es entziehen sich die in saurer Lösung flüchtigen organischen Stoffe der Rechnung, die nicht flüchtigen organischen Körper können unter der Einwirkung der schwefligen Säure und des gebildeten Eisenchlorürs beim Eindampfen Zersetzungen erleiden (Tiemann-Preusse), die Nitrate und Nitrite werden durch schweflige Säure nur dann vollständig zersetzt, wenn freie Schwefelsäure entsteht, welche aber auf die organischen Stoffe zerstörend wirkt. (Wanklyn-Chapman-Smith.)

Einen wesentlichen Fehler bedingt auch der Umstand, dass es höchst schwierig ist, die Verbrennungsröhre vollkommen luftleer zu machen, wie dies die gemeinsame Bestimmung von Kohlenstoff und Stickstoff verlangt. Der gefundene Stickstoffgehalt gehört nicht nur den organischen

Stoffen an sondern auch dem Ammoniak, so dass der Antheil des letzteren in Abrechnung gebracht werden muss.

b) Schulze, Bellamy, ferner Dittmar und Robinson führen die Bestimmung des Kohlenstoffes und des Stickstoffes, ähnlich wie bei der gewöhnlichen Elementaranalyse, an gesonderten Portionen aus, sie haben das Frankland-Armstrong'sche Verfahren zum Theil durch weitere Modificationen wohl etwas vereinfacht und abgekürzt, aber dessen Mängel nur zum geringeren Theil beseitigt (Tiemann-Preusse) und demselben auch nicht die für hygienische Untersuchungszwecke wünschenswerthe Handlichkeit gegeben.

4. Bestimmung des Stickstoffgehaltes einer gewissen Gruppe von organischen Stoffen, Methode von Wanklyn-Chapman-Smith.

Unter dem Einflusse einer alkalischen Lösung vom Kaliumpermanganat geben manche organische, eiweissartige Körper ihren Stickstoff in Form von Ammoniak ab. Diese Umsetzung erfahren nicht alle organischen Stoffe und die von ihr betroffenen verlieren ihren Stickstoff nur zum Theil und mehr oder weniger vollständig.

Nach Versuchen von Tiemann-Preusse geht z. B. der Stickstoffgehalt von Allantoin etwa zu $^1/_2$, salzsaurem Dimethylamin zu $^1/_3$, dagegen von Leucin, Tyrosin, Harnstoff, Asparaginsäure nahezu vollständig in Ammoniak über.

Das Verfahren wird in der Weise ausgeführt, dass man 500 ccm Wasser einer raschen Destillation unterwirft und das im Wasser vorhandene freie Ammoniak in den zuerst übergegangenen 200 ccm des Destillats bestimmt. Vom Rest des Wassers destillirt man, nachdem es mit 50 ccm einer Lösung versetzt, welche im Liter 200 g Kaliumhydrat und 8 g Kaliumpermanganat enthält und selbst ammoniakfrei ist, von Neuem etwa 150 bis 200 ccm über und ermittelt in diesem zweiten Theil des Destillats das von den organischen Stoffen gelieferte Ammoniak. (Albuminoid ammonia.) Die Ammoniakbestimmung geschieht auf colorimetrischem Wege mit Nessler's Reagens (s. unten).

5. Bestimmung der reducirenden Wirkung auf Chamäleonlösung.

Auf der Eigenthümlichkeit der in Wasser gelösten organischen Verbindungen, Kaliumpermanganat durch Reduktion zu entfärben, sind einige Methoden begründet:

a) Methode von Kubel, Verfahren in saurer Lösung (s. oben).

b) Methode von Schulze, Verfahren in alkalischer Lösung: Das Wasser wird in abgemessener Menge mit wenig Natriumhydrat und mit Chamäleonlösung in Ueberschuss 10 Minuten lang gekocht, hierauf mit verdünnter Schwefelsäure angesäuert und das nicht reducirte Kaliumpermanganat wie bei Kubel bestimmt.

c) Methode von Tidy: Man überlässt die wie nach Kubel präparirte Wasserprobe, anstatt zu kochen, einige Stunden bei Zimmertemperatur sich selbst und erfährt die Menge des umgesetzten Kaliumpermanganats durch Zusatz von Kaliumjodid und Titriren des durch das Kaliumpermanganat freigewordenen Jods mit Natriumhyposulfitlösung.

Die genannten Verfahren berücksichtigen auch die flüchtigen orga-

nischen Verbindungen, unter ihnen ist das Kubel'sche entschieden das einfachste und am meisten frei von Fehlerquellen (Tiemann-Preusse). Die organischen Verbindungen verhalten sich gegen Kaliumpermanganat sehr ungleichmässig, manche reduciren leicht und rasch, andere schwierig und langsam. Nach den Untersuchungen von Tiemann und Preusse nehmen dieselben beim Kochen mit Chamäleonlösung (Kubel) theils gar nicht, theils nur unvollkommen die zur vollständigen Oxydation erforderliche Sauerstoffmenge auf, z. B. Weinsäure zu $^4/_5$, Traubenzucker zu $^1/_2$, Rohrzucker zu $^1/_2$, Benzoesäure zu $^1/_{40}$, Phenol zu $^1/_2$, Asparagin zu $^1/_9$, Harnstoff 0, Allantoin zu $^1/_{40}$, Leucin zu $^1/_{10}$, Tyrosin zu $^1/_3$.

Wenn nun auch gleiche Mengen verschiedener organischer Verbindungen ungleiche Mengen Kaliumpermanganat reduciren, so hat immerhin das Kubel'sche Verfahren den Vorzug, dass bei verschiedenen Versuchen doch aufgleiche Mengen derselben organischen Substanzen stets dieselbe Menge Sauerstoff übertragen wird. Das Verfahren von Kubel kennzeichnet die stickstoffhaltigen organischen Körper nicht besonders, wie dies durch das Verfahren von Wanklyn-Chapman-Smith bis zu einem gewissen Grade geschieht, so dass das letztere als eine zweckmässige Ergänzung des ersteren empfohlen wird. (Tiemann-Preusse.)

6. Bestimmung der reducirenden Wirkung auf alkalische Silberlösung, Methode von Fleck. Auch alkalische Silberlösung wird von organischen Stoffen reducirt, nach Fleck sollen es ausschliesslich die leicht gährungs- und fäulnissfähigen Substanzen sein, welche diese Wirkung äussern: Blasenschleim, Harnsäure, gelöste Proteïnstoffe, Traubenzucker, Gallussäure u. s. w., dagegen nicht Milchsäure, Bernsteinsäure, gewisse Fettsäuren.

Das Verfahren besteht darin, dass man ein abgemessenes Quantum des Wassers mit einer überschüssigen Menge der alkalischen Silberlösung 10 Minuten lang kocht und alsdann mit einer Kaliumjodidlösung — unter Zuhilfenahme eines Indicators, einer Mischung aus gleichen Theilen concentrirter Salzsäure, Kaliumchromat- und Stärkelösung — titrirt, mit der man auch vor dem Versuch den Wirkungswerth der alkalischen Silberlösung festgestellt hat. Die letztere wird durch Auflösen von Silbernitrat in Natriumhyposulfitlösung unter Hinzufügen von Kaliumhydrat bereitet.

Aus vergleichenden Versuchen von Tiemann und Preusse geht hervor, dass die gleiche Menge derselben organischen Verbindungen im Allgemeinen stärker reducirend auf Kaliumpermanganatlösung als auf alkalische Silberlösung einwirkt und daher besser durch das erstere Reagens als durch das letztere nachzuweisen ist; auch flüchtige organische Verbindungen werden von der Chamäleonlösung noch etwas schärfer angezeigt. Wie Fleck selbst gefunden hat, wird das Ergebniss seiner Methode unsicher, wenn organische Verbindungen in verschiedener Concentration der alkalischen Silberlösung gegenüberstehen. Das Verfahren von Fleck bietet auch Schwierigkeiten in der Ausführung, da die Probeflüssigkeiten äusserst wenig haltbar sind und das Titriren mit denselben besondere Sorgfalt und Geduld verlangt. —

Sämmtlichen Verfahren, welche zur quantitativen Bestimmung der Menge der organischen Stoffe im Wasser, einzelner elementarer

Bestandtheile oder gewisser Wirkungen derselben angegeben sind, haften, wie wir gesehen haben, technische Mängel an, sie erreichen zumeist nur unvollkommen das ihnen gesteckte Ziel. Zum geringsten Theil sind es jedoch die Schwierigkeiten für die Untersuchungstechnik, welche dem Auffinden einer allgemein befriedigenden Methode im Wege stehen, vielmehr liegen dieselben in der Natur der Sache. Sind doch die „organischen Stoffe“, nach welchen gefragt wird, nur ein Sammelbegriff für ein Gemenge mannigfaltiger, nach Zusammensetzung und Eigenschaften verschiedenartiger, chemischer Verbindungen, welche überdies weder in chemischer noch in hygienischer Hinsicht eine so wesentliche gemeinsame Bedeutung haben, dass es nothwendig wäre, ihre Menge in einem Zahlenwerthe auszudrücken.

In Anbetracht, dass gleiche Theile der verschiedenen organischen Verbindungen sehr ungleiche Mengen Kohlenstoff und Stickstoff enthalten, kann die Methode von Frankland-Armstrong sammt ihren Modificationen auch nicht annähernd einen brauchbaren Aufschluss über die Gesammtmenge geben. Aus dem gleichen Grunde kennzeichnet sie durch ihr Ergebniss die im Wasser enthaltenen organischen Stoffe in ihrer hygienischen Bedeutung nur insofern, dass man aus dem Mengenverhältniss von Stickstoff und Kohlenstoff, d. h. aus dem Ueberwiegen des einen oder anderen, auf ein Vorherrschen von animalischen oder vegetabilischen Beimengungen schliessen kann, aber ohne dass sich daraus in Hinsicht der Schädlichkeit des nachgewiesenen organischen Materials ein bestimmtes Urtheil gewinnen liesse.

Von diesen principiellen Einwendungen sind aber auch die übrigen Verfahren nicht freizusprechen, welche den Ammoniakgehalt der mit Chamäleon leicht oxydirbaren organischen Körper bestimmen oder deren Oxydirbarkeit durch den Chamäleonverbrauch nachweisen wollen. Die Methode von Wanklyn-Chapman-Smith sowie die von Kubel bestimmen nicht etwa wie behauptet wird, hygienisch wohl charakterisirte Gruppen von organischen Verbindungen, welche über die Zuträglichkeit des Wassers entscheiden. Wir können vielmehr denselben beim heutigen Stande des Wissens gewiss noch nicht eine höhere Bedeutung zuerkennen, als die dass sie im Allgemeinen eine Verunreinigung des Wassers mit oxydationsfähigem, organischem Material anzeigen (vgl. S. 83). Da manche organische Verbindungen im Wasser viel, andere wenig Chamäleon reduciren, beziehungsweise Ammoniak dabei entwickeln, erhält man auch nicht einmal über das Mengenverhältniss, in welchem die fraglichen Körper im Wasser vorhanden sind, einen Bescheid.

Berechnung der organischen Substanz aus der Oxydir-

barkeit. Es war lange Zeit üblich, die Angaben des Kubel'schen Verfahrens nach dem Vorschlage von Wood auf „organische Substanz“ zu berechnen und als solche in dem analytischen Berichte anstatt der „Oxydirbarkeit“ anzugeben, welche man entweder in mg Kaliumpermanganat oder in mg Sauerstoff ausdrückt. Die Umrechnung geschah durch Multiplikation der verbrauchten Chamäleonmenge mit 5 oder des entsprechenden Sauerstoffquantums mit 20. Im Hinblick auf die dargelegte Unzulänglichkeit des Verfahrens sollte man im Weiteren auf die gedachte Ausdrucksweise lieber verzichten. Das Gleiche gilt für die Berechnung der organischen Substanzen aus dem Kohlenstoff- oder Stickstoffgehalte.

**10. Schwefelwasserstoff.** Das Vorhandensein von Schwefelwasserstoff im Wasser wird zumeist schon in der Vorprüfung mit der Geruchs- und Geschmacksprobe erkannt, welche die chemische Reaktion im Allgemeinen an Empfindlichkeit übertrifft.

Der chemische Nachweis von Schwefelwasserstoff und löslichen Schwefelmetallen kann sowohl durch den Zusatz von alkalischer Bleilösung (Bleiacetat in Natronlauge) als auch von Nitroprussidnatrium in alkalischer Lösung zu etwa 30 ccm Wasser geführt werden. Die alkalische Bleilösung bildet mit Schwefelwasserstoff eine gelbbraune Färbung bis braunschwarzen Niederschlag; die Reaktion mit Nitroprussidnatrium ist eine rothviolette bis blauviolette Färbung.

Schwache Reaktionen sind nur durch Anwendung hoher Flüssigkeitsschichten (etwa 15 cm) zu erkennen, indem man z. B. enge Reagenscylinder benutzt und durch die Achse derselben nach einer weissen Unterlage sieht. Dabei ist es rathsam, eine Vergleichsprobe aus destillirtem Wasser mit der gleichen Menge des Reagens zu bereiten. Vergleichende Prüfungen verlangen unbedingt gleich hohe Schichten.

Um in der Prüfung nicht durch das Auftreten einer Trübung gestört zu werden, kann man zuvor die Metalle und die Carbonate der alkalischen Erden durch Hinzufügen von 3 ccm einer Mischung von Natriumhydrat- und Natriumcarbonatlösung (1 : 2) auf 100 ccm Wasser (in einem Cylinder oder Pulverglas mit Glasstöpsel) und darauf folgendes Decantiren entfernen.

**11. Ammoniak.** Sowohl zum qualitativen Nachweis als auch für die quantitative Bestimmung von Ammoniak dient Nessler's Reagens, eine alkalische Quecksilber-Kaliumjodid-Lösung, welche bei Gegenwart von Ammoniak eine gelbrothe Farbe bis rothe Fällung von Dimercuri-Ammoniumjodid liefert.

Auch für diese Prüfung gilt in Hinsicht der erforderlichen Höhe der Flüssigkeitsschicht und der Vergleichsprobe die für den Nachweis des Schwefelwasserstoffs gegebene Vorschrift. Ferner wird hier, zumal für die quantitative Prüfung, die vorherige Beseitigung der

alkalischen Erden, des Eisens u. dgl. durch Ausfällen mit Natriumhydrat-Natriumcarbonat-Lösung zur unerlässlichen Bedingung, da sonst die Nessler'sche Reaktion wesentlich beeinträchtigt würde.

Anstatt dieses Ausfällens kann man auch die Destillation des Wassers vornehmen und in den ersten 200 ccm des Destillats das Ammoniak bestimmen.

Zur quantitativen Bestimmung (Frankland-Armstrong) wird das Wasser mit einer Salmiaklösung von bekanntem Gehalt, die man ebenfalls mit Nessler's Reagens versetzt hat, unter gleichen Versuchsbedingungen (Mengenverhältniss, Schichthöhe, Temperatur u. dgl.) verglichen, und nöthigenfalls das Wasser oder die Vergleichsflüssigkeit mit destillirtem Wasser so lange verdünnt, bis beide den gleichen Farbenton zeigen. Dieses Verfahren ist vorzugsweise zur Ermittelung eines geringen Ammoniakgehaltes geeignet und genügt daher für die Wasseruntersuchung in der Mehrzahl der Fälle vollkommen.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Nessler's Reagens. 2) Salmiaklösung, welche in 1 ccm genau 0,05 mg Ammoniak enthält. Man löst 3,147 g fein gepulvertes und bei 100° C. getrocknetes Ammoniumchlorid zu 1 l und erhält so eine Salmiaklösung, in welche auf 1 ccm genau 1,0 mg $NH_3$ kommen. Durch Verdünnung von 50 ccm dieser Lösung auf 1000 ccm wird eine schwächere Salmiaklösung hergestellt, von welcher 1 ccm genau 0,05 mg $NH_3$ entspricht.

3) Ammoniakfreies destillirtes Wasser zur Verdünnung. Man bereitet dasselbe eigens durch Destillation mit Natriumcarbonat und Beseitigung der ersten Fraktion.

Ausführung: Zur vergleichenden Prüfung nimmt man zwei vollkommen gleiche Glascylinder und gibt in dieselben das Wasser und die Vergleichsprobe in gleich hohen Schichten (etwa 20 cm).

Sehr zweckmässig sind die von Hehner angegebenen Cylinder, welche 110 ccm fassen, von unten nach oben in 100 ccm eingetheilt sind, von ihrem 100 ccm-Theilstrich bis zum flachen Boden die gleiche Höhe (etwa 20 cm) haben und unten seitlich, ungefähr beim Theilstrich 30, einen Ausfluss mit Glashahn besitzen.

Die Grenzen des Ammoniakgehaltes, innerhalb welcher man noch geringe Farbenunterschiede beim Vergleichen von zwei Proben erkennen kann, sind 0,1 mg und 0,005 mg $NH_3$ in 100 ccm Wasser, was für die Vergleichsprobe 2 ccm und $^1/_{10}$ ccm der verdünnten Salmiaklösung beträgt. Diesen Grenzen entsprechend hat man ein Wasser von stärkerem Ammoniakgehalt als 0,1 mg in 100 ccm zu

verdünnen und auf die colorimetrische Prüfung eines Wassers, das weniger als 0,005 mg $NH_3$ in 100 ccm enthält, zu verzichten.

Das Verfahren wird in folgender Weise ausgeführt: Man gibt in den einen Cylinder (A) zunächst 2 ccm der verdünnten Salmiaklösung, sowie 2 ccm Nessler's Reagens und füllt mit destillirtem Wasser zu 100 ccm auf. Ebenso wird der andere Cylinder (B) mit 2 ccm Nessler's Reagens und dem zu untersuchenden Wasser beschickt, von dem man übrigens nur so viel hinzufügt, dass die Färbung noch minder intensiv ist als die der Vergleichsprobe.

Erreicht die Wasserprobe (B) auf diese Weise nicht 100 ccm, so hat man mit destillirtem Wasser noch aufzufüllen, wenn dagegen die Vergleichsprobe (A) im Verhältniss zur Wasserprobe viel zu stark gefärbt, so ist eine neue mit geringerem Salmiakzusatz zu bereiten.

Endlich bringt man beide Cylinder auf eine weisse Unterlage und versucht in denselben den gleichen Farbenton dadurch herzustellen, dass man von der stärker gefärbten Flüssigkeit (A) mittelst des Ausflusshahnes ausfliessen lässt. Für die Berechnung ist die Menge des in Untersuchung genommenen Wassers, der Ammoniakgehalt der Vergleichsprobe und die schliessliche Menge der letzteren zu notiren.

Berechnung: Beispielsweise haben 50 ccm Wasser im Cylinder B eine gleich starke Reaktion ergeben, als 80 ccm im Cylinder A, der mit 2 ccm der verdünnten Salmiaklösung (= 0,1 mg $NH_3$) beschickt war. Man hat sonach in 50 ccm Wasser $\frac{80}{100} \cdot 0{,}1 = 0{,}08$ mg Ammoniak oder im Liter 1,6 mg gefunden.

**12. Salpetrige Säure, Nitrite.** Das Vorhandensein von salpetriger Säure im Wasser kann entweder mit Zinkjodidstärkelösung oder mit Metaphenylendiaminlösung nachgewiesen werden.

Die erstere Reaktion beruht darauf, dass die salpetrige Säure, wenn man zum Wasser Zinkjodidstärkelösung und einige Tropfen concentrirter Schwefelsäure gibt, aus Zinkjodid Jod in Freiheit setzt, wodurch eine Bläuung des Stärkekleisters beziehentlich der Wasserprobe bewirkt wird. Das Metaphenylendiamin (= Metadiamidobenzol) setzt sich in dem, gleichfalls mit Schwefelsäure angesäuerten, Wasser mit der salpetrigen Säure zu Triamidoazobenzol (Phenylenbraun) um, das dem Wasser eine gelbe bis gelbrothe Färbung ertheilt.

Die beiden Reaktionen sind sehr empfindlich und gewinnen dadurch an Werth, weil salpetrige Säure nur in geringen Mengen im Wasser vorkommt. Man hat dieselben auch colorimetrischen Verfahren mit Erfolg zu Grunde gelegt, und zwar wird nach Tromms-

dorff die Zinkjodidstärke und nach Tiemann und Preusse[21] des Metaphenylendiamin angewandt. Die Trommsdorff'sche Methode gibt nur bei Abwesenheit von Eisen ein brauchbares Resultat, weil Eisenoxyd ebenfalls Zinkjodidstärke zersetzt und sonach wie die salpetrige Säure eine Bläuung bewirkt, was auch für die qualitative Probe zu beachten ist.

Dem Verfahren mit Metaphenylendiamin gebührt unbedingt der Vorzug vor dem anderen, da es weniger Fehlerquellen hat.

Quantitative Bestimmung nach Tiemann-Preusse. An Probeflüssigkeiten für dasselbe sind erforderlich: 1) eine Nitritlösung für die Herstellung von Vergleichsproben, welche in 1 ccm genau 0,01 mg $N_2O_3$ enthält. Die Nitritlösungen sind nicht haltbar, es kommt in denselben leicht zu einer Oxydation der salpetrigen Säure zu Salpetersäure. 2) verdünnte Schwefelsäure (1 : 3). 3) Metaphenylendiaminlösung (5 g gelöst zu 1 l); um die Lösung haltbar zu machen, fügt man wenig verdünnte Schwefelsäure hinzu.

Selbst die sog. chemisch reine Schwefelsäure gibt bisweilen schon an und für sich eine Reaktion auf salpetrige Säure und Salpetersäure. Wie E. Reichardt mittheilt, kann man die betreffenden Stickstoffverbindungen in der Regel durch ein- oder mehrmaliges Erhitzen der Schwefelsäure bis zum Sieden mit sehr wenig Schwefel zersetzen und entfernen. Dieselbe darf nach dem Erkalten nicht mehr die Brucinreaktion geben. Uebrigens ist schon wiederholt der Verdacht rege geworden, dass das sog. reine Brucin, welches sowohl salpetrige Säure als auch Salpetersäure bei Gegenwart freier Schwefelsäure unter Rosafärbung reducirt, mitunter selbst Verunreinigungen enthält, welche dann irrthümlicher Weise der Schwefelsäure zugeschrieben werden. Es dürfte sich sonach für die Prüfung der Schwefelsäure die Diphenylaminreaktion besser eignen (s. Salpetersäure).

Ausführung: Im qualitativen und quantitativen Verfahren wendet man von der Schwefelsäure und dem Reagens je 1 ccm auf 100 ccm an. Für die Versuchsanordnung der quantitativen Methode dient die Frankland-Armstrong'sche Bestimmung des Ammoniaks uns zum Muster.

Es ist bei Anordnung der genannten Verfahren, wie aller colorimetrischen Methoden, eine wesentliche Bedingung, dass man Trübungen oder Färbungen, welche dem zu prüfenden Wasser eigen sind, oder solche, welche erst während des Versuchs neben der Reaktion in störender Weise auftreten könnten, von vornherein ausschliesst. Zumeist genügt das Ausfällen mit Natriumhydrat-Natriumcarbonat-Lösung (vgl. Schwefelwasserstoff und Ammoniak).

Das Metaphenylendiamin wird unter dem Einflusse des Lichtes von selbst gelb bis braun, es ist daher das Reagens in dunklen Glas-

gefässen aufzubewahren und bei der Versuchsanordnung die direkte Einwirkung des Sonnenlichtes fern zu halten.

Bemerkungen: Die erwähnten colorimetrischen Verfahren eignen sich nur für die Bestimmung von geringen Mengen salpetriger Säure, die Grenze der Unterscheidbarkeit von Farbennüancen liegt für die Zinkjodidstärkereaktion zwischen 0,01 mg und 0,04 mg $N_2O_3$ und für die Metaphenylendiaminreaktion zwischen 0,03 mg und 0,003 mg $N_2O_3$ in 100 ccm. Gegenüber einem an salpetriger Säure reichen Wasser sieht man sich, um den durch zu starke Verdünnung entstehenden Fehler zu vermeiden, auf die von St. Gilles, Feldhaus und Kubel ausgearbeitete Methode angewiesen, welche den Gehalt an salpetriger Säure titrimetrisch mit Chamäleon- und Eisenammoniumsulfatlösung ermittelt; geringere Mengen als 0,1 bis 0,2 mg $N_2O_3$ in 100 ccm kann man mit derselben nicht bestimmen.

**13. Salpetersäure, Nitrate.** Die qualitative Analyse stellt eine Anzahl von Reaktionen zum Nachweis der Salpetersäure zu Gebote; von diesen sind die mit Brucin, Zinkjodidstärke und Diphenylamin am gebräuchlichsten.

1. Die Brucinreaktion. Auf ein flaches Porcellanschälchen oder den Deckel eines Porcellantiegels führt man mittelst eines Glasstabes einen kleinen Tropfen des zu prüfenden Wassers und 2 Tropfen einer gesättigten Brucinlösung (etwa 1 : 800 Wasser) über und fügt tropfenweise concentrirte Schwefelsäure hinzu. Je nach der Höhe des Salpetersäuregehaltes tritt die Reaktion schon bei Zusatz der ersten Tropfen Schwefelsäure ein.

Es genügen 5 Tropfen fast stets und tritt dann keine Reaktion ein, so ist weniger Salpetersäure vorhanden, als 20 bis 30 mg i. l. Man kann die Empfindlichkeit der Reaktion dadurch verstärken, dass man 1 ccm Wasser zur Trockne eindampft und den Rückstand mit Brucinlösung und Schwefelsäure unmittelbar prüft (E. Reichhardt).

Die Brucinlösung reagirt aber auch auf salpetrige Säure, man hat daher durch die Metaphenylendiamin-Reaktion noch die Abwesenheit von Nitriten nachzuweisen.

2. Die Zinkjodidstärkereaktion. Zu 30 ccm Wasser in einem Reagenscylinder gibt man, nachdem sie mit concentrirter Schwefelsäure angesäuert, ein Stückchen reines Zink und fügt Zinkjodidstärkelösung hinzu. Der von Zink und Schwefelsäure entwickelte nascirende Wasserstoff reducirt die Salpetersäure zu salpetriger Säure, welche Jod in Freiheit setzt und blaue Jodstärke bildet, sodass die Bläuung der Wasserprobe eintritt.

Um zu sehen, inwieweit an der Reaktion etwa im Wasser vorhandene Nitrite betheiligt sind, stellt man daneben eine zweite Prüfung an, die ohne Zinkzusatz aber sonst unter annähernd gleichen Bedingungen ausgeführt wird.

3. Die Diphenylaminreaktion. Auf ein flaches Porcellanschälchen oder den Deckel eines Porcellantiegels bringt man ein Körnchen reinen Diphenylamins, fügt concentrirte Schwefelsäure in Ueberschuss hinzu und lässt 1 Tropfen des zu prüfenden Wassers am Rande der Flüssigkeit zufliessen. Eine intensive Blaufärbung verräth schon die Gegenwart geringer Mengen von Salpetersäure und salpetriger Säure. Ob man den Befund allein auf Salpetersäure beziehen darf, ergibt sich aus dem Resultat der Prüfung auf salpetrige Säure.

Es ist unbedingt nöthig, darauf zu achten, dass selbst die sog. reine Schwefelsäure nicht immer frei von salpetriger Säure ist (s. oben, salpetrige Säure).

Auch für die quantitative Prüfung auf Nitrate sind einige Methoden zur Wahl gestellt, von welchen nur die auf die Entfärbung des Indigofarbstoffs durch die Salpetersäure und die auf Umwandlung der Salpetersäure durch Eisenchlorür in Stickoxyd und Bestimmung des letzteren allgemeine Aufnahme gefunden haben.

1. Methode von Marx-Trommsdorff. Indigoblau wird in einem Nitrate enthaltenden Wasser, das man durch Hinzufügen von concentrirter Schwefelsäure rasch auf eine Temperatur von 120° C. erhitzt hat, oxydirt und dadurch entfärbt. Mit Hilfe dieser Reaktion erfährt man den Salpetersäuregehalt aus dem Verbrauch an Indigolösung, wenn man deren Wirkungswerth gegenüber einer Nitratlösung von bekanntem Gehalt festgestellt hat. Die Reduktion der Nitrate ist als beendet anzusehen, sobald die Farbe der hinzugesetzten Indigolösung nicht wieder völlig verschwindet.

Das Erkennen dieser Endreaktion wird bei starkem Nitratgehalte schwierig, weil die Oxydationsprodukte des Indigos nicht farblos sondern bräunlichgelb sind, so dass schon bei geringen Nitratmengen die Reaktion nicht mehr blau, sondern blaugrün ausfällt. Daraus ergibt sich die Nothwendigkeit, das Wasser unter Umständen zu verdünnen.

Chloride im Wasser begünstigen die Empfindlichkeit der Reaktion, so dass man, wo dieselben fehlen, gern etwas Kochsalz zusetzt (1 ccm Kochsalzlösung (1%) unter 25 ccm Wasser).

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Indigolösung. Eine nach Vorschrift aus 1 Th. Indigotin, 6 Th. rauchender Schwefelsäure, 40 Th. Wasser bereitete Indigolösung verdünnt man mit destillirtem Wasser,

bis die Lösung in Schichten von Bürettenweite anfängt, durchsichtig zu werden, und stellt sie schliesslich so ein, dass 6 bis 8 ccm der Lösung 1 mg $N_2O_5$ anzeigen. 2) Salpeterlösung, welche in 1 ccm genau 1 mg $N_2O_5$ enthält:

$$\underset{(108)}{N_2O_5} : \underset{(202,2)}{2KNO_3} = 1 : x.$$

Es sind 1,872 g trockenes Kaliumnitrat zu 1 l zu lösen. 3) Concentrirte Schwefelsäure. 4) Kochsalzlösung 1 %; (s. Chlorbestimmung).

Ausführung: Da der Indigoverbrauch wesentlich von der Temperatur der Flüssigkeit abhängt, ist es von Belang, dass der Versuch in möglichst kurzer Zeit und zwar sowohl das Titerstellen wie die Prüfung mit dem gleichen Zeitaufwand erledigt wird; aus demselben Grunde muss das Säureverhältniss (50 ccm Schwefelsäure auf 25 ccm Wasser) stets das gleiche sein.

Es gilt daher als Regel das erstmalige Ergebniss nur als das eines Vorversuchs anzuerkennen und einen zweiten, womöglich einen dritten Versuch anzustellen, in welchem man die nach Maassgabe des Vorversuchs erforderliche Menge der Indigolösung ohne Unterbrechung rasch zufliessen lässt und alsdann noch tropfenweise zu Ende titrirt.

Um zunächst den Wirkungswerth der Indigolösung festzustellen, nimmt man in eine kleine Kochflasche 1 ccm der Salpeterlösung, 1 ccm der Kochsalzlösung und 23 ccm destillirtes Wasser, gibt zu diesen 25 ccm Flüssigkeit 50 ccm Schwefelsäure, wodurch plötzlich eine starke Erhitzung entsteht, und titrirt mit der Indigolösung unter Schütteln der Probe rasch bis zur bläulich-grünen Färbung. Zum zweiten Versuch werden 2 ccm Salpeterlösung, 1 ccm Kochsalzlösung und 22 ccm destillirtes Wasser angewandt.

Die Prüfung des Wassers selbst wird in der gleichen Weise ausgeführt. Man nimmt zunächst 25 ccm Wasser; falls diese mehr Indigolösung beanspruchen als 3 mg $N_2O_5$ entspricht, ist für den nächsten Versuch das Wasser zu verdünnen.

Berechnung: z. B. es wurden gefunden:

Titer der Indigolösung 6 ccm = 1 mg $N_2O_5$
verbraucht auf 25 ccm Wasser = 14,1 ccm Indigolösung
" " 1000 " " = 564 " "

$$564 : 6 = x : 1$$

sonach im Liter nachgewiesen 94 mg $N_2O_5$.

Bemerkungen: Im Wasser vorhandene, leicht zersetzliche organische Verbindungen sind dazu angethan, das Resultat zu trüben, indem sie Salpetersäure reduciren, so dass weniger Indigolösung oxydirt wird, als dem wirklichen Gehalt an Nitraten entspricht. Nach

den Versuchen von Kubel-Tiemann lässt sich dieser nachtheilige Einfluss, wenn auch nicht vollständig, so doch einigermaassen, durch vorherige Oxydation stark verunreinigter Wässer mit Chamäleonlösung beseitigen.

Die Methode liefert — vorausgesetzt, dass unter gleichen Versuchsbedingungen und unter Beachtung aller Cautelen gearbeitet wird — in den meisten Fällen nur bis 5 %, bei sehr stark verunreinigten Wässern bis 15 % Fehler (Flügge). Für praktische Zwecke, welche nur eine annähernde Schätzung der Nitrate verlangen, genügt das Marx-Trommsdorff'sche Verfahren. Die Einfachheit der Ausführung, durch welche es sich vor den anderen Methoden auszeichnet, hat ihm bisher seine Stellung in der hygienischen Methodik noch gewahrt. Für eine genaue Bestimmung der Nitrate wird das auf Ueberführung der Salpetersäure in Stickoxyd basirte folgende Verfahren angewandt, welches alle gerechten Ansprüche befriedigt.

2. Methode von Schulze-Tiemann. Man schickt dem Versuch eine Indigoprobe voraus, um annähernd den Salpetersäuregehalt zu erfahren. Für den Fall, dass 25 ccm des zu prüfenden Wassers weniger als 1,5 mg $N_2O_5$ enthalten, muss man dasselbe einengen.

Im Versuch werden 50 ccm Wasser (oder 100 ccm und mehr eingedampft auf 50 ccm) in einem Kölbchen unter Luftabschluss auf etwa 10 ccm eingeengt, hierauf wird Eisenchlorürlösung und Salzsäure hinzugefügt, so dass die Nitrate zu gasförmigem Stickoxyd zersetzt werden. Das entwickelte Stickoxydgas fängt man unter Natronlauge in einer engen Gasmessröhre auf und liest die Menge nach den Regeln der Gasanalyse ab.

1 ccm des durch Rechnung auf 0° C. und 760 mm Luftdruck reducirten NO entspricht 2,418 mg $N_2O_5$.

Bezüglich des Näheren der Anordnung und der Bedingungen des Versuchs verweise ich auf die Anleitungen von Kubel-Tiemann und Flügge, da eine vollständige Beschreibung der Ausführung des Verfahrens den Rahmen dieses Handbuches überschreiten würde.

**14. Freie und halbgebundene Kohlensäure.** Im Wasser finden wir die Kohlensäure theils als freies Gas gelöst, theils halbgebunden an Carbonate, indem sie dieselben als Bicarbonate in Lösung hält, theils festgebunden an Alkalien, alkalische Erden und Metalle (Eisen, Magnesium).

Die freie und die halbgebundene Kohlensäure im Wasser wird gewöhnlich gemeinsam in einer Reaktion nachgewiesen, indem man sie durch Zusatz von Kalkwasser (1/3) als Calciumcarbonat fällt, welches eine in Salzsäure unter Aufbrausen lösliche, weisse

Trübung beziehungsweise einen Niederschlag bildet. Der Versuch ist unter Ausschluss der Luft in einem mit Korkstöpsel verschlossenen Reagenscylinder auszuführen.

Das Vorhandensein von freier Kohlensäure kann man nach v. Pettenkofer durch Hinzufügen von 2 Tropfen einer alkoholischen Rosolsäurelösung (1 : 500) zu 20 ccm Wasser daraus erkennen, dass sich die Rosolsäure, wenn die freie Kohlensäure fehlt, mit den Bicarbonaten zu rosolsaurem Salz umsetzt, wodurch das Wasser eine rosarothe Farbe annimmt; dagegen wird das Wasser, wenn freie Kohlensäure in merklichem Grade vorhanden, durch den Rosolsäurezusatz schwach gelblich gefärbt.

Zur quantitativen Bestimmung der freien und halbgebundenen Kohlensäure besitzt man im Verfahren von v. Pettenkofer eine sehr brauchbare Methode. Das Princip desselben beruht darin, dass ein gemessenes Volum einer mit Oxalsäure titrirten Lösung von Bariumhydrat einer bestimmten Menge Wasser zugesetzt und diese Mischung, nachdem die Kohlensäure einen Theil des Barytwassers in neutrales Bariumcarbonat übergeführt hat, mit Oxalsäure gleichfalls titrirt wird. Da die Oxalsäure so eingestellt ist, dass 1 ccm von ihr die gleiche Menge Barytwasser neutralisirt wie 1 mg Kohlensäure, so zeigt die Differenz der Titer des Barytwassers und der Mischung uns genau die Kohlensäuremenge an, welche auf das Barytwasser eingewirkt hat. Das Verfahren erfordert einen Zusatz von Bariumchlorid und Salmiak zur Mischung.

Das Bariumchlorid setzt sich mit den Alkalicarbonaten zu Alkalichloriden und Bariumcarbonat um und kommt so einem störenden Einflusse zuvor, welchen die Alkalicarbonate in Gegenwart von Bariumcarbonat durch Bildung von Alkalioxalaten beim Titriren ausüben können. Das Ammoniumchlorid soll die Abscheidung von Magnesiumverbindungen ganz verhüten, weil dieselbe doch nicht vollständig geschehen würde; Magnesiumcarbonat geht mit Bariumhydrat in Bariumcarbonat und Magnesiumhydrat über und bleibt letzteres als Aequivalent für die umgesetzte Menge Bariumhydrat in Lösung.

Bedarf an Probeflüssigkeiten: 1) Oxalsäurelösung, von welcher 1 ccm genau 1 mg Kohlensäure entspricht:

$$\underset{(126)}{(C_2O_4H_2 + 2H_2O)} : \underset{(44)}{CO_2} = x : 1.$$

Es sind demnach 2,8636 g krystallisirter, trockener Oxalsäure zu lösen auf 1 l. 2) Bariumhydratlösung, von welcher 45 ccm etwa 40—50 ccm Oxalsäure zur Neutralisirung verlangen. 3) Rosolsäure als Indicator, 1 Theil gelöst mit 500 Theilen Weingeist von 80 % Tr. 4) Bariumchlorid-Salmiaklösung. Man verdünnt eine Mischung von

30 ccm einer gesättigten neutralen Bariumchloridlösung und 20 ccm einer gesättigten Ammoniumchloridlösung mit destillirtem Wasser zu 1 l. Eine zu concentrirte Lösung, wie man sie früher angegeben hat, kann die schlimme Nebenwirkung zeigen, dass sie Calciumcarbonat und Bariumcarbonat in Lösung hält.

Ausführung. Man gibt 100 ccm Wasser in eine etwa 1/4 l fassende Flasche, welche mit Glas- oder Gummistöpsel gut verschliessbar ist, setzt zu demselben 5 ccm der Bariumchlorid-Salmiaklösung und fügt 45 ccm vom Barytwasser hinzu, das man zuvor mit Oxalsäure unter Anwendung von Rosolsäure als Indicator titrirt hat. Alsdann wird die Flasche wohlverschlossen stehen gelassen, bis der Niederschlag krystallinisch geworden ist und sich abgesetzt hat; denn die amorphen Carbonate reagiren alkalisch und sind zum Theil noch in Wasser löslich. Nach 12 Stunden kann man die Titrirung vornehmen und zwar, indem man einzelne Proben von je 50 ccm der 150 ccm betragenden Mischung mit der Pipette behutsam entnimmt.

Berechnung. Da beim Titriren nur der dritte Theil der Mischung der Oxalsäure gegenübersteht, hat man das Ergebniss mit 3 zu multipliciren.

z. B. Titer des Barytwassers 43,9 ccm Oxalsäure = mg $CO_2$
Titer der Mischung 23,4 " " = " "
Differenz 20,5 ccm Oxalsäure = mg $CO_2$.

Es wurden sonach gefunden auf 100 ccm Wasser 20,5 mg $CO_2$
auf 1 l " 205 " $CO_2$.

Die ungefähre Menge der im Wasser vorhandenen freien Kohlensäure lässt sich berechnen: Durch Multiplikation der deutschen Grade der temporären Härte mit 0,786 ergibt sich annäherungsweise die Menge der gebundenen Kohlensäure, die man nur von dem Ergebniss des v. Pettenkofer'schen Verfahrens, von der freien und halbgebundenen Kohlensäure in Abzug zu bringen hat, da ihr die gleiche Menge halbgebundene Kohlensäure entspricht (Kubel-Tiemann). (Vgl. die umgekehrte Rechnung auf Härte S. 165.)

**15. Sauerstoff.** Zur quantitativen Bestimmung des Sauerstoffs kommen derzeit zwei Methoden in Anwendung, von welchen die eine gasvolumetrisch (Reichardt) die andere titrimetrisch (Schützenberger-Risler) arbeitet. Tiemann und Preusse[22] haben diese Verfahren, neben einer älteren Titrirmethode von Mohr, die sich nicht bewährt hat, einer eingehenden Prüfung unterzogen und dem Reichardt'schen Apparat eine etwas andere Gestalt gegeben.

Im gasvolumetrischen Verfahren treibt man, nachdem die Luft aus dem Apparat mit verdünnter Natronlauge vollständig ver-

drängt ist, die gelösten Gase aus einem bestimmten Volum des zu prüfenden Wassers durch Erhitzen aus und zwar nach einem mit der Kochflasche durch ein Glasrohr in Verbindung stehenden Gassammler und führt dieselben nach dem Eudiometer über. Als Sperrflüssigkeit für den Gassammler dient verdünnte Natronlauge, welche die Kohlensäure aus den entbundenen Gasen entfernt. Der eudiometrische Theil des Versuchs wird nach den Vorschriften von Bunsen ausgeführt.

Beim titrimetrischen Verfahren versetzt man ein bestimmtes Volum des Wassers im Ueberschuss mit einer Lösung von indigoweisssulfosaurem Natrium. Von diesem wird durch den freien Sauerstoff des Wassers ein Theil unter Bläuung der Mischung zu indigoblausulfosaurem Natrium oxydirt, welchen man durch Titriren mit einer Lösung von hydroschwefligsaurem Natrium bestimmt. Das letztere Salz verwandelt das indigoblausulfosaure Natrium zurück in indigoweisssulfosaures und damit die blaue Farbe der Mischung in eine hellgelbe. Der Wirkungswerth dieser Probeflüssigkeit wird zuvor durch Titriren mit einer ammoniakalischen Kupferlösung von bestimmtem Gehalt festgestellt. Um die Einwirkung des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft im Versuch auszuschliessen wird dieselbe durch Einleiten von Wasserstoff aus dem Apparate verdrängt.

Nach den Erfahrungen von Tiemann und Preusse geben beide Verfahren brauchbare Resultate, nur ist deren Ausführung keineswegs einfach und leicht, sie verlangt vielmehr besondere Fertigkeit in der Laboratoriumstechnik und eine specielle Einübung.

Bezüglich der Einzelheiten dieser Methoden, der Beschreibung des erforderlichen Apparates, der Bereitung der Probeflüssigkeiten, der Vorschriften für die Versuchsanordnung muss ich — in Berücksichtigung der meinen Erörterungen hier gezogenen Grenzen — auf die Specialarbeiten von Reichardt[23], Schützenberger und Risler[24], Tiemann und Preusse, sowie auf die Darlegungen des Flügge'schen Handbuchs verweisen.

**16. Eisen.** Das Wasser kann Eisen sowohl in Form von Oxydulsalzen als auch von Oxydsalzen enthalten (vgl. Seite 19).

Der Nachweis von Oxydulsalzen wird dadurch geführt, dass man etwa 20 ccm des frisch entnommenen Wassers mit Salzsäure leicht ansäuert und mit einigen Tropfen einer Lösung von Ferridcyankalium (rothem Blutlaugensalz) versetzt. Bei Gegenwart von Eisenoxydulsalzen tritt eine Fällung von Turnbull's Blau (Ferroferricyanid) ein, welche bei grosser Verdünnung nur dunkelblaugrün erscheint.

Für den Nachweis von Oxydsalzen hat man zwei Reaktionen. Man versetzt das Wasser zunächst mit Salzsäure, um die

Eisenverbindungen zu lösen und fügt zu einzelnen Proben im Reagenscylinder

a) Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz), welches mit Ferriverbindungen eine Fällung von Berliner Blau (Ferriferrocyanid) gibt.

b) Rhodankalium, welches eine blutrothe Färbung von Ferrisulfocyanid bewirkt.

**17. Blei, Kupfer, Zink.** Der qualitative Nachweis von Blei, Kupfer und Zink wird in nachstehendem Untersuchungsgang geführt:

200 ccm des zu prüfenden Wassers werden, nachdem sie mit Salzsäure angesäuert, mit Schwefelwasserstoffwasser versetzt, oder es wird Schwefelwasserstoffgas eingeleitet. Ist Blei oder Kupfer zugegen, so entsteht ein schwarzer Niederschlag von Blei- oder Kupfersulfid; den man abfiltrirt, das Filtrat wird später auf Zink geprüft.

Man löst den Niederschlag in heisser, verdünnter Salpetersäure (1 : 2) und wendet zunächst auf Blei folgende Reaktionen an.

a) Zusatz von Schwefelsäure bewirkt eine weisse Fällung von Bleisulfat, welche auf Hinzufügen von Alkohol deutlicher wird. Mit Schwefelwasserstoff wandelt sich Bleisulfat wieder in Bleisulfid um.

b) Zusatz von Kaliumbichromat liefert eine gelbe Fällung von Bleichromat, die löslich ist in Kalilauge, schwer löslich in Salpetersäure (Zonenreaktion).

Kupfer wird nachgewiesen durch

a) Einlegen von blankem, metallischem Eisen; nach 10 Minuten bis 1/2 Stunde tritt eine Verkupferung der Oberfläche ein.

b) Ammoniakzusatz bewirkt eine tiefblaue Färbung von Kupferammoniakverbindungen.

c) Hinzufügen von Ferrocyankalium (gelbem Blutlaugensalz) führt zu einem chocoladefarbenen Niederschlag von Kupferferrocyanid.

Zur Prüfung des Filtrats auf Zink hat man dasselbe, da die Zinksalze mit Schwefelwasserstoff nur in alkalischer oder essigsaurer Lösung, aber nicht bei Gegenwart von freier Mineralsäure fällbar sind, mit Natronlauge im Ueberschuss zu versetzen, zu filtriren und das Filtrat mit Schwefelwasserstoff zu behandeln. Zink gibt sich durch das Entstehen eines weissen Niederschlags von Zinksulfid zu erkennen, das in Essigsäure unlöslich ist.

## *Abkürzung und Vereinfachung der Analyse.*

Wie auf anderen Gebieten der hygienischen Methodik hat man auch für die Trinkwasserprüfung wiederholt Vorschläge zur Abkürzung des Untersuchungsganges oder Vereinfachung der einzelnen Ver-

fahren der chemischen Analyse gemacht. Es wurde von mir schon darauf hingewiesen, dass durchaus nicht für alle Fälle das Bedürfniss vorliegt, den üblichen Untersuchungsgang strenge einzuhalten und dass man nicht selten der Fragestellung Genüge leistet, wenn man die Prüfung oder Beobachtung auf einzelne, leicht und prompt zu ermittelnde Bestandtheile beschränkt, z. B. auf die Chlorbestimmung nach Mohr zur Controle des Reinlichkeitszustandes der Brunnen.

Wenn auch im Allgemeinen von den quantitativen Bestimmungen eher ein zweckdienlicher Aufschluss über den Grad der Reinheit zu erwarten ist als von den qualitativen Reaktionen, so sind wir doch in manchen Fällen, z. B. in eilig zu beantwortenden Fragen der Versorgung, zu einer Beschränkung der Analyse auf den qualitativen Theil vollkommen berechtigt. Proben im Reagenscylinder geben bisweilen einen brauchbaren Bescheid, wenn man in der Lage ist, das zu prüfende Wasser mit einem als rein bekannten zu vergleichen, indem an beiden die Reaktionen unter gleichen Bedingungen nebeneinander ausgeführt werden. Ein derartiges Vorgehen kann sich auch nützlich erweisen, wenn ein normales Wasser als Vergleichsobjekt fehlt und unter zwei oder drei Bezugsquellen von unbekannter Qualität die reinste mit einfachen Mitteln der Prüfung ohne Aufschub ausgewählt werden soll, wie dies z. B. im ärztlichen Felddienst mitunter erfordert wird. Boehr[25] und Hiller[26] haben für derartige Zwecke versucht, den Untersuchungsapparat in eine compendiöse und zum Transport auf Märschen und Reisen geeignete Form zu bringen und dementsprechend die Verfahren der chemischen Analyse modificirt.

Nach Boehr's Vorschlag wird das Wasser im Reagenscylinder vergleichend untersucht mit der Abänderung, dass dabei als Vergleichsobjekt nicht ein normales, natürliches Wasser dient, sondern Controllösungen, welche in dem zum Versuch anzuwendenden Volum die der Zulässigkeitsgrenze entsprechende Menge des fraglichen Wasserbestandtheiles enthalten.

Die Kriegs-Sanitäts-Ordnung[27] vom 10. Januar 1878, welche Trinkwasseruntersuchungen übrigens nur bei länger dauernder Benutzung einer Bezugsquelle, bei langen Kantonnirungen u. dgl. vorschreibt (S. 264), schliesst sich im Princip den Vorschlägen von Boehr an. Die Anleitung der Kaiserlichen Marine für die Versorgung der Schiffe mit Trinkwasser[28] macht von derartigen Abkürzungen keinen Gebrauch.

Hiller benutzt neben seiner Bestimmung des specifischen Gewichtes und der Durchsichtigkeit (vgl. Vorprüfung) für eine abgekürzte Untersuchung auf gelöste Bestandtheile Reagentien von bekanntem Wirkungswerth und lässt damit in der Weise verfahren,

dass man eine dem Grenzwerthe entsprechende Dosis derselben mit dem zu prüfenden Wasser austitrirt, ähnlich wie im minimetrischen Verfahren der Kohlensäurebestimmung nach Smith-Lunge die Menge der Luft gemessen wird, welche im Barytwasser eine Trübung erzeugt.

Beide Vorschläge haben den Fehler gemeinsam, dass ihnen allgemeine Grenzwerthe zur Grundlage dienen, welchen man schon in Anbetracht der wechselnden Beschaffenheit des normalen Wassers jede Berechtigung absprechen muss. Dieser Mangel wäre indessen, wenigstens wo die Anwendung solcher Methoden auf bestimmte Gegenden beschränkt ist, dadurch zu begleichen, dass man die Dosirung der Controllösungen oder Probeflüssigkeiten den örtlichen Verhältnissen anpasst.

In Hinsicht der Ausführung der Verfahren gebe ich gern zu, dass man nach dem Princip von Boehr oder Hiller für manche Fälle der Praxis befriedigende Schätzungswerthe findet — aber doch nur unter der Voraussetzung, dass derjenige, welcher danach arbeitet, auch sonst mit der Technik der Wasseranalyse und ihren Mängeln vertraut ist und sich auf die Deutung ihrer Angaben versteht. Ich bin indessen nicht der Meinung, dass der Hygieniker von Fach für die Trinkwasseranalyse oder andere Gebiete der Untersuchung noch der mit besonderer Rücksicht auf die Verpackung ausgearbeiteten Methoden bedarf.

Es wäre übrigens ein grosser Irrthum, wenn man glauben wollte, dass die Schwierigkeiten, welche die Beurtheilung eines Wassers selbst dem Fachmann verursachen, in der Untersuchungstechnik liegen und schon durch eine Vereinfachung der Methoden dem Arzte zu helfen sei. Nur die Beurtheilung des Ergebnisses der Untersuchung bereitet Verlegenheiten, welchen uns die genaueste quantitative Bestimmung der Wasserbestandtheile ebensowenig entzieht als das schönste Taschenbesteck für eine expedite Prüfung.

---

**Literatur.** 1) F. Fischer, Die chem. Technologie d. Wassers. Braunschweig 1880. — 2) A. Wagner, Ueber die Ursache der Neigung mancher Wässer zur Sinterbildung. Bayer. Industrie- u. Gewerbeblatt 1877. S. 323. — 3) W. Roth u. R. Lex, Handb. d. Militär-Gesundheitspflege. Berlin 1872. I. S. 53. — 4) L. Pappenheim, Handb. d. Sanitätspolizei. 2. Aufl. Berlin 1870. Bd. 2, „Wasser". — 5) J. Nowak, Lehrb. d. Hygiene. Wien 1881. S. 24. — 6) F. Cohn, Ueber den Brunnenfaden. Beiträge z. Biologie d. Pflanzen. Bd. 1. Breslau 1875. S. 108. — 7) O. Brefeld u. W. Zopf, Untersuchungen d. Tegeler Wassers. Bericht a. d. Magistrat der Stadt Berlin 1879; W. Zopf, Untersuchungen über Crenothrix polyspora, die Ursache d. Berliner Wassercalamität. Berlin 1879. — 8) Magnus, Artikel „Algen" bei H. Eulenberg, Handb. d. öffentl. Gesundheitswesens. Berlin 1881. Bd. 1. S. 91. — 9) O. Harz. Mikroskopische Untersuchung des Brunnenwassers f. hygien. Zwecke. Zeitschr. f. Bio-

logie. Bd. 12. 1876. S. 75. — 10) C. v. Nägeli, Die niederen Pilze. München 1877. S. 140. — 11) The Analyst. 1881. vol. VI. — 12) E. Frankland, Ueber Trinkwasser. A. W. Hofmann's Ber. üb. d. Entwickelung d. chem. Industrie etc. Braunschweig 1875. S. 53. — 13) F. Fischer, Das Trinkwasser, s. Beschaffenheit, Untersuchung u. Reinigung. Hannover 1873; W. Kubel, Anleitung zur Untersuchung v. Wasser. 2. Aufl., u. F. Tiemann, Braunschweig 1874; F. Sutton, A systematic handbook of volumetric analysis. 3. edit. London 1876; J. A. Wanklyn, Water analysis. 4. edit. London 1876; C. R. Fresenius, Anleitung zur quantitativen Analyse. 6. Aufl. 2. Bd. 2. Liefg. Braunschweig 1878; F. Fischer, Chemische Technologie d. Wassers. Braunschweig 1878. S. 119; F. S. B. de Chaumont, Vortrag auf d. Congress des Sanitary institute von Grossbritannien 1879: Ueber gewisse Punkte in Bezug auf Trinkwasser, Rohrleger (Gesundheitsingenieur) 1879. Nr. 21 u. 22; E. Reichardt, Grundlagen zur Beurtheilung des Trinkwassers. 4. Aufl. Halle a/S. 1880; F. Tohmann, Muspratts Chemie. 3. Aufl. Bd. VII. Braunschweig 1880. S. 313; C. Flügge, Lehrb. der hygienischen Untersuchungsmethoden. Leipzig 1881. 3. Abschnitt. — 14) L. Radlkofer, Mikroskopische Untersuchung d. organischen Substanzen im Brunnenwasser. Zeitschr. f. Biologie 1865. Bd. 1. S. 26; F. Cohn, Ueber die Brunnenfaden mit Bemerkungen über d. mikroskopische Analyse d. Brunnenwassers. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 1875. Bd. I. 1. Hft. S. 108; F. Cohn, Untersuchungen über Bacterien, ibidem 2. Hft. S. 127, 3. Hft. S. 141, ibidem Bd. II. 2. Hft. S. 249; J. D. Macdonald, A guide to the microscopical examination of drinking water. London 1875; A. Hill Hassal, A microscopical examination of the water supplied to the habitants of London and the suburban districts. London 1850; A. Hill Hassal, Food. London 1876. S. 38; Corn. B. Fox, Sanitary conditions of water, air and food. London 1878. p. 127; R. Koch, Verfahren zur Untersuchung, zum Conserviren und Photographiren der Bacterien. Beiträge zur Biologie der Pflanzen 1877. Bd. II. 3. Hft. S. 399; R. Koch, Zur Untersuchung von pathogenen Organismen. Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamte. Bd. I. Berlin 1881. S. 1; B. Eyferth, Die mikroskopischen Süsswasserbewohner. Braunschweig 1877; B. Eyferth, Die einfachsten Lebensformen. Braunschweig 1878; B. Eyferth, Schizophyten u. Flagellaten. Braunschweig 1879; L. Hirt, Ueber die Principien u. die Methode d. mikroskopischen Untersuchung des Wassers. Zeitschr. f. Biologie 1879. Bd. XV. S. 91; E. Eidam, Der gegenwärtige Standpunkt d. Mykologie. 2. Aufl. Berlin 1873 (3. Aufl. 1883 im Druck); C. Flügge, Lehrb. d. hygien. Untersuchungsmethoden (s. sub 12) sowie Abschnitt „Fermente“ dieses Handbuchs 2. Thl. 1. Abthlg.; C. Friedländer, Mikroskopische Technik. Kassel-Berlin 1882. — 15) C. Weigert, Zur Technik d. mikroskopischen Bacterienuntersuchungen. Virchow's Archiv Bd. 84. 2. Hft. S. 275. — 16) R. Koch, siehe unter 12, ferner Untersuchungen über die Aetiologie d. Wundinfectionskrankheiten. Leipzig 1878, und Die Aetiologie d. Tuberkulose. Berliner klinische Wochenschrift 1882. Nr. 15. — 17) P. Ehrlich, Methodologische Beiträge zur Physiologie und Pathologie der verschiedenenen Formen von Leukocyten. Zeitschr. f. klinische Medicin 1880. I. S. 553; ferner Ueber das Methylenblau und seine klinisch-bakterioskopische Verwerthung. Zeitschr. f. klinische Medicin 1881. II. S. 710, und Vortrag im Verein f. innere Medicin zu Berlin: Ueber eine Methode zur Färbung des Bacillus d. Tuberkulose. D. medicin. Wochenschrift 1882. Nr. 19. — 18) Bachmann, Leitfaden zur Anfertigung von mikroskopischen Dauerpräparaten. München 1879. — 19) E. Sell, Ueber Wasseranalyse. Mittheilungen aus dem Kaiserl. Gesundheits-Amte. Bd. I. Berlin 1881. S. 360. — 20) F. Tiemann u. C. Preusse, Ueber den Nachweis der organ. Substanzen im Wasser. Berichte d. D. chem. Gesellschaft 1879. Heft Nr. 14. S. 1906. — 21) F. Tiemann u. C. Preusse, Ueber Bestimmungen der salpetrigen Säure. Berichte d. D. chem. Gesellschaft 1878. S. 627. — 22) F. Tiemann u. C. Preusse, Ueber die quantitative Bestimmung d. im Wasser gelösten Sauerstoffs. Berichte d. D. chem. Gesellschaft 1879. Hft. 14. S. 1768. — 23) E. Reichardt, Zeitschrift f. analyt. Chemie 1872. S. 271. — 24) Schützenberger u. Risler, Bulletin de la société chimique 1873. t. XIX. p. 152, und t. XX. p. 145. — 25) Vierteljahrsschr. f. ger. Med. u. öffentl. Sanitätswesen 1876. Bd. 25. S. 384; ibidem 1877. Bd. 27. S. 540 und 1879. Bd. 30. S. 119. — 26) A. Hiller, Kurze Anleitung zur physikalisch-chemischen Trinkwasser-Untersuchung. Berlin 1878 (Vortrag in der militärärztlichen Gesellschaft zu Berlin vom 21. Jan. 1878). — 27) Kriegs-Sanitäts-Ordnung v. 10. Januar 1878. Berlin 1878. — 28) Marineverordnungsblatt 1879. S. 36.

---

## FÜNFTES CAPITEL

# Beurtheilung der Quantität des Wassers.

### Verbrauch und Bedarf.

Die Wasserversorgung wird ihrer Bestimmung als wesentliches Glied in der Reihe der gesundheitstechnischen Werke, deren Ausführung den Gemeinden zur Pflicht gemacht ist, nur dann in vollem Umfange entsprechen, wenn sie im Interesse der Verbesserung des Reinlichkeitszustandes am Körper, im Hause und auf der Strasse ein reichlicher bemessenes Quantum Wasser an die Bewohner abgibt als zu deren Lebensunterhalt unbedingt erforderlich ist. Man versteht dementsprechend unter „Wasserbedarf“ jene pro Kopf und 24 Stunden zu liefernde Menge, welche die Deckung aller Bedürfnisse (der häuslichen, gewerblichen und öffentlichen) ohne Einschränkung aber auch ohne Vergeudung gestattet.

Ueber das Minimum der Wasserverabreichung, mit welchem erfahrungsgemäss der Mensch den Bedürfnissen seiner Person Genüge leisten kann, geben uns die Kostsätze auf Auswandrerschiffen einigen Aufschluss. Nach Mittheilungen von Reincke[1]) erhält

a) der Schiffsmann pro Tag
auf Schiffen aus Hamburg 4,54 l,
„ „ „ Bremen und Lübeck bis 6 l,
„ „ „ Altona mindestens 3,5 l;

b) der erwachsene Auswanderer pro Woche
nach Vorschriften von Hamburg und Bremen { nördl. d. Wendekreises 19,5 l, südl. d. Wendekreises 22,3 l,
nach Vorschriften von New-York und England 27 l.

### *Die einheitliche Zuleitung.*

Die in Hinsicht der Menge zu stellende Forderung findet eine natürliche Begrenzung darin, dass die besten Bezugsquellen der Versorgung gewöhnlich nicht die ergiebigsten sind. Eine Uebertreibung des Wasserbedarfs kann sonach zur Collision mit den Ansprüchen an die Qualität führen.

Es gab eine Zeit, in der die Gemeinden diesem Dilemma glaubten damit aus dem Wege gehen zu können, dass sie ihre Fürsorge zunächst nur auf die Beschaffung eines vorzüglichen Trinkwassers richteten und entweder die Bewohner zur Deckung des Bedarfs an Brauchwasser auf die am Orte in Pumpbrunnen oder Flussläufen vor-

handenen Wasservorräthe verwiesen oder selbst für Nutzzwecke Wasser von geringer Qualität in einer gesonderten Leitung aus der Nähe zuführten. Aus hygienischen und aus technischen Gründen kommt man von diesem System der gesonderten Zuleitung mehr und mehr wieder ab.

Es spricht gegen dasselbe theils die Einsicht, dass man nicht berechtigt ist, an die Reinheit des Brauchwassers, namentlich des im Hause zu verwendenden Nutzwassers, geringere Ansprüche als an die des Trinkwassers zu stellen, theils die Erfahrung, dass bei gesonderten Leitungen anstatt der bestimmungsgemässen Verwendung des Wassers verkehrter Weise häufig das Brauchwasser zum Trinken und Kochen und das Trinkwasser zu anderen Zwecken benutzt wird. Ueberdies ist zu erwägen, dass im Allgemeinen die Anlage- und Betriebskosten der Versorgung durch die Herstellung einer zweiten Leitung, und wenn dieselbe das Wasser auch aus der nächsten Umgebung dem Verbrauchsorte zuführt, nicht unerheblich vertheuert werden.

Unter diesen Umständen ist es vollkommen gerechtfertigt zu fordern, dass die Wasserversorgung in einer einheitlichen Leitung nicht allein das Wasser zum Trink- und Hausbedarf, sondern auch für die gewerblichen Bedürfnisse und öffentlichen Zwecke liefere.

### *Qualität und Quantität.*

In Anbetracht, dass unser Princip, vorzügliche und zugleich reichliche Bezugsquellen zu erschliessen, an vielen Orten nahezu unüberwindliche technische oder finanzielle Schwierigkeiten in der Ausführung findet, kann die Lösung der Versorgungsfrage in der Mehrzahl der Fälle nur durch eine Nachgiebigkeit auf der einen oder anderen Seite erreicht werden.

Heutzutage herrscht die Meinung vor, dass das zum Ausgleich der Ansprüche erforderliche Entgegenkommen von jenen zu verlangen sei, welche der Qualität eine höhere Bedeutung als der Quantität beimessen. Gegen diese Auffassung lässt sich nichts einwenden, wenn zur Toleranz in der Qualität nicht eine Uebertreibung im Wasserbedarf drängt und wenn die Nachgiebigkeit nur Eigenschaften betrifft, welche wir wohl als mehr oder weniger wünschenswerth, nicht aber als unbedingt erforderlich erachten.

Im Sinne dieser Voraussetzungen ist für die Gesundheitspflege die Prüfung der üblichen Ansprüche an die Wassermenge eine ebenso wichtige Aufgabe als die Erörterung der Bedingungen in Hinsicht der Beschaffenheit; ihr Interesse muss beiden in gleichem Maasse

gelten, zumal die Bevorzugung der einen unbedingt die Vernachlässigung der anderen im Gefolge hat.

*Die Ermittelung des Bedarfs.*

Die Grösse des erforderlichen Wasserquantums wird entweder nach Erhebungen über den durchschnittlichen Verbrauch für die einzelnen Zwecke, welchen das Wasser dient oder auf Grund von Erfahrungen über den täglichen Gesammtverbrauch pro Kopf der Bewohner festgestellt. Da aber erfahrungsgemäss mit der Erleichterung der Entnahme des Wassers der Verbrauch anfangs erheblich wächst, darf bei Projektirung von centralen Wasserwerken nicht der bisherige Bedarf bei Pumpbrunnen oder bei einer unvollkommenen Leitungsanlage zu Grunde gelegt werden, vielmehr können nur die Ansprüche maassgebend sein, welche sich an anderen Orten nach Einführung einer zweckmässigeren Versorgung mit der Zeit entwickelt haben. Dabei ist freilich zu erwägen, dass sich je nach den lokalen Verhältnissen in der Menge des Verbrauchs Unterschiede ergeben, indem derselbe sich nach den Sitten und Gewohnheiten (Bäder, Wasserclosets u. s. w.), sowie dem Wohlstande der Bevölkerung, nach der Grösse und baulichen Anlage des Versorgungsortes, nach der Entwicklung von Gewerbe und Industrie und dem Vorherrschen gewisser Zweige derselben richtet, welche viel Wasser verbrauchen, wie Brauereien, Stärkefabriken, Färbereien.

Bei Beurtheilung des Consums der einzelnen Städte fällt noch sehr die Art der Wasserabgabe ins Gewicht und fragt es sich z. B., ob dieselbe mit oder ohne Anwendung von Wassermessern, ob in continuirlichem oder intermittirendem Betriebe erfolgt. Wo die Entnahme gegen Zahlung eines bestimmten Betrages dem Belieben des Consumenten anheimgestellt ist, wächst der Wasserverbrauch mehr und mehr über alle Maassen in Folge von Vergeudung und Unachtsamkeit gegen Leckage, während bei einer durch Wassermesser controlirten Abgabe sich der Consum in viel bescheideneren Grenzen hält.

Z. B. beträgt der Verbrauch für alle Bedürfnisse pro Kopf und 24 Stunden durchschnittlich

| bei controlirter Abgabe | | bei uncontrolirter Abgabe | |
|---|---|---|---|
| Berlin*) | 80 l | Frankfurt a/M.**) | 138 l |
| Wiesbaden**) | 65 „ | Magdeburg**) | 170 „ |
| Breslau*) | 81 „ | Düsseldorf***) | 157 „ |

Wenn die Versorgungsanlage nur zu gewissen Tageszeiten Wasser abgeben kann, sind Behälter in den Häusern erforderlich, welche einen

*) Nach Gill u. Fölsch[2]), **) nach Schmick[3]), ***) nach Grohmann[3]).

Vorrath für die übrige Zeit aufzunehmen haben; solche Reservoire werden gewöhnlich vorsichtshalber etwas grösser angelegt als zur Verhütung von Wassermangel unbedingt nöthig ist. Nun hat die Erfahrung in London, Hamburg und anderen Städten gezeigt, dass bei derartigen Einrichtungen die Bewohner in dem Verlangen nach einem frischen Wasser, kurz vor der Lieferung des neuen Wasserquantums das Wasser aus dem Behälter ablaufen lassen, wodurch gewisse Verluste bedingt sind.

Wie sehr diese Art der Wasserabgabe eine Vergeudung zur Folge hat, geht aus direkten Messungen des in den Abzugskanälen unbenutzt abfliessenden Wassers hervor; so betrug dieses Abwasser in London während des Anlassens einer Hauptgruppe 0,6, einer anderen sogar 0,71 des ganzen Tagesverbrauchs; eine dritte Hauptgruppe gebrauchte nur 0,394 des ihr wirklich zugewiesenen Wasserquantums (A. Frühling[4]), L. A. Veitmeyer[5])).

Diesen wechselnden lokalen Bedingungen entsprechend differiren die zahlreichen Angaben über den Wasserverbrauch der Städte ungemein.

Die in der Fachliteratur vorliegenden Aufzeichnungen sind derzeit noch nicht geeignet, einen brauchbaren Aufschluss über den wirklichen Bedarf der Bewohner uns zu geben, weil die ihnen zu Grunde liegenden Erhebungen das Material nicht gesichtet, sondern ohne Rücksicht auf die vorhandene Ungleichartigkeit zusammengetragen haben. Ueberdies stehen mitunter in derselben als Verbrauchsziffern Zahlen über das disponible Wasserquantum neben Ziffern über die thatsächliche Abgabe für alle Zwecke der Versorgung, oder neben Angaben über das nur an die bewohnten Grundstücke mit Ausschluss des Wassers für den gewerblichen und öffentlichen Bedarf gelieferte Quantum.

Im Hinblick auf diese Verhältnisse kann ich nur allen Ernstes davor warnen, die Frage des Wasserverbrauchs als eine abgeschlossene zu betrachten, vielmehr liegt das dringendste Bedürfniss vor, derselben durch einheitliche Erhebungen näher zu treten, wie dies der Verein von Gas- und Wasserfachmännern Deutschlands schon durch eine diesbezügliche Enquete auf Antrag von P. Schmick[3]) anerkannt hat.

A. Bürkli[6]) gibt an, dass bei mässigem Wasserverbrauch in den Häusern zwischen 135 bis 189 l pro Kopf und Tag und bei reichlicherer Abschwemmung dagegen 203 bis 270 l verbraucht werden. Man müsse daher die Einrichtungen so treffen, dass sie sich auch dem letzteren Bedarf anpassen lassen. Immerhin seien die vorgesehenen 270 Liter für den grössten Bedarf erst $^2/_3$ desjenigen, der

sich in New-York wirklich gezeigt hat; von der gesammten Wassermenge werde zum Trinken allerdings weniger als 1 % verbraucht.

Nach Erhebungen von E. Grahn[7] über die Wasserversorgung in 80 deutschen Städten betrug im Jahre 1875 die disponible Wassermenge pro Kopf und Tag durchschnittlich 179 l, der wirkliche Verbrauch nur 63 l, die Wasserabgabe für öffentliche Bedürfnisse 11 l pro Kopf und Tag und für gewerbliche Zwecke 24,3 % des Gesammtwasserverbrauchs.

B. Salbach[8] nimmt auf Grund der bisherigen Erfahrungen den Wasserbedarf pro Kopf der Einwohner kleiner Ortschaften und des Landes zu 45 bis 50 l auf 24 Stunden an, und normirt den Bedarf grösserer Ortschaften in Rücksicht auf die Zunahme der Bevölkerung

bei 2000 bis 5000 Einwohnern auf 100 l,
bei über 5000 Einwohnern auf 120 l und

in grossen Städten auf 150 bis 200 l einschliesslich des von der Stadt selbst benöthigten Wassers (zum Strassensprengen, Feuerlöschen, Bewässerung der Gartenanlagen u. s. w.) und des Consums der Kleinindustrie.

Als Wasserbedarf für den Viehstand rechnet man nach Salbach erfahrungsgemäss

| | | |
|---|---|---|
| für ein | Pferd | 50 l |
| „ „ | Rind | 40 „ |
| „ „ | Schwein | 20 „ |
| „ „ | Fuhrwerk | 65 „ |

für Dampfkesselspeisung und andere technische Zwecke, für grössere Badeeinrichtungen, Luxuspferde, Fontainen u. dgl. ist der Wasserbedarf besonders zu ermitteln und beim Brauchwasser in Rechnung zu stellen.

Nach König-Poppe[9] wird die Wasserversorgung mit 150 bis 170 l pro Kopf und Tag für die Ansprüche in deutschen Städten wohl in den meisten Fällen und für alle Zwecke ausreichen. Wo für Trinkwasser und Brauchwasser getrennte Leitungen verlangt werden, sei der Bedarf zum Trinken und zur Speisebereitung etwa auf 25 l pro Kopf und Tag zu veranschlagen und hätte die Brauchwasserleitung die Lieferung von weiteren 120 bis 130 l zu übernehmen.

König-Poppe gibt in der S. 194 folgenden Tabelle einige Anhaltspunkte über den Wasserconsum für verschiedene Zwecke:

Für Brauereien rechnet man als Wasserverbrauch das Vierfache des gebrauten Bieres, für eine mittlere Feuerspritze stündlich 17 cbm.

Bei Anlage und Betrieb von Wasserwerken hat man als einen wichtigen Umstand zu berücksichtigen, dass der Verbrauch nach

| | Eine Person täglich | Ein Pferd u. dgl. täglich | Reinigen eines zweirädrigen Wagens | Reinigen eines vierrädrigen Wagens | Zu einem Bad | Dampfmaschine per Pferdekraft und Stunde | | Besprengen von 100 qm | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Hochdruckmaschine | Condensationsmaschine | Strassen einmalig | Gärten u. Anlagen jährlich |
| Verbrauch i. l | 25 | 75 | 40 | 70 | 300 | 35 | 800 | 100 | 50 800 |

Tages- und Jahreszeiten und selbst nach Wochentagen ein sehr unregelmässiger ist. Im Allgemeinen ist der Consum am Tage stärker als bei Nacht und zwar am stärksten in den Stunden von Vormittags 8 Uhr bis Nachmittags 6 Uhr; es beträgt derselbe in diesen 10 Stunden 65,2 % des Gesammtverbrauchs, während auf die Zeit von Abends 8 Uhr bis Morgens 6 Uhr nur 17,2 % entfallen. Der grösste Verbrauch in einer Stunde findet in der Zeit von 11—12 Uhr Vormittags mit 7,76 und 3—4 Uhr Nachmittags mit 7,86 % statt, was also etwa dem zwölften Theil des ganzen täglichen Verbrauchs und dem doppelten des durchschnittlichen stündlichen entspricht.

Unter den Wochentagen zeigt der Samstag einen höheren Verbrauch für Haushaltungszwecke (zum Reinigen der Wohnungen), an Sonntagen ist der Bedarf der Gewerbe und der Industrie zumeist erheblich vermindert.

In den einzelnen Jahreszeiten fällt der höchste Verbrauch in die Monate Juni und Juli mit etwa 7,9 % über dem mittleren monatlichen Consum, der geringste in die Monate Januar und Februar mit etwa 6,9 % unter dem Durchschnitt, sonach beträgt die Differenz 14,8 % (König-Poppe).

Die Menge des zu beschaffenden Wassers muss so bemessen sein, dass die Versorgungsanlage ohne Unterbrechung zu jeder Tages- und Jahreszeit allen Ansprüchen auf Jahre hinaus Genüge leisten kann. In allen Fällen ist bei der Anlage auf die Vergrösserung der Stadt und die Zunahme der Bevölkerung Rücksicht zu nehmen und zwar ist unter Zuhilfenahme statistischer Erfahrungen im Allgemeinen das Projekt so zu berechnen, dass die Leistungsfähigkeit auch noch für eine Steigerung der vorhandenen Einwohnerzahl von $^1/_4$—$^1/_3$ ausreicht und dass selbst im Falle eines weiteren Bevölkerungszuwachses die Anlage ohne erhebliche Mehrkosten eine Vergrösserung zulässt (A. Frühling, a. a. O.).

## Der Nachweis der Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit.

Bevor man sich für die eine oder die andere Art des Bezuges entscheidet, ist es in besonderem Maasse wichtig, durch wiederholte Messungen, welche längere Zeit hindurch in regelmässigen Zwischenräumen stattfinden, die Ergiebigkeit der fraglichen Wasservorräthe zu ermitteln und deren Schwankungen kennen zu lernen. Die Bezugsquellen sind zur Versorgung nur dann geeignet, wenn sie auch zur Zeit ihrer geringsten Ergiebigkeit die verlangte Menge liefern können.

Die Quellen sind gewöhnlich im Winter am wenigsten ergiebig, aber es kommen auch solche vor, deren geringste Wassermenge in den Spätsommer, also in eine Zeit mit stärkerem Wasserverbrauch fällt.

Es ist unbedingt erforderlich, die Messungen lange Zeit, mindestens über Jahresfrist hinaus, fortzusetzen und besonders auch auf trockene Jahrgänge zu erstrecken. Vor allen Dingen ist diese Ausdehnung der Beobachtungszeit bei Quellen angezeigt, da deren Nachhaltigkeit erfahrungsgemäss oft fraglich ist.

Mit der periodischen Bestimmung der Wassermengen ist die Beobachtung der Temperatur und eine Entnahme von Wasserproben zur Prüfung des chemischen Bestandes jeweils zu vereinigen.

### *Messung des frei fliessenden Wassers.**)

Je nach der Grösse des zu messenden Wasserlaufes bedient man sich verschiedener Methoden: Wassermessung mittelst Eichens, mittelst Ausflussöffnungen oder mittelst Geschwindigkeits- und Querprofils-Bestimmung.

Das Eichen wird gewöhnlich nur bei kleineren Wassermengen angewandt und besteht im Wesentlichen darin, dass man das Wasser in ein Gefäss von bekanntem Inhalt (I) laufen lässt und die Zeit (T) beobachtet, innerhalb welcher die Füllung erfolgt. Der Wasserzufluss Q beträgt für die Zeiteinheit $Q = \frac{I}{T}$.

Es wurde auch schon im Grossen von dieser Methode Gebrauch gemacht, um die Leistungsfähigkeit von Wasserleitungen zu prüfen, indem man die Zeit ermittelte, welcher das Hochreservoir, dessen Fassungsraum genau berechnet war, zu seiner Füllung bedurfte.

Das Messen mittelst Ausflussöffnungen erfolgt entweder durch Anwendung des Wasserzolls oder des Ueberfallwehrs.

Der Wasserzoll bezeichnet diejenige Wassermenge pro Se-

*) Vgl. König-Poppe a. a. O. S. 82 u. ff.

kunde, welche bei einer gegebenen Druckhöhe durch kreisförmige Oeffnungen von bestimmtem Durchmesser fliesst. Die Löcher bringt man in einer dünnen, am besten blechernen, Seitenwand des Behälters an, in den man das Wasser einlaufen lässt, und zwar müssen dieselben in einer horizontalen Reihe nebeneinander sich befinden. Die Beobachtung geschieht in der Weise, dass man durch Verschliessen oder Oeffnen einzelner Löcher den Wasserstand regulirt, bis er sich in einer bestimmten Höhe, 1 Zoll preuss. (= 26,15 mm) über der Mitte der Oeffnungen constant erhält. Die Wassermengen für Oeffnungen von verschiedenem Durchmesser ergeben sich für diese Verhältnisse aus folgender Tabelle:

| Lichtweite der Oeffnungen | | Wassermenge einer Oeffnung in cbm | | |
|---|---|---|---|---|
| Zoll preuss. | Millimeter | pro Minute | pro Stunde | pro Tag |
| 1 | 26,15 | 0,01380 | 0,8280 | 19,874 |
| 1/2 | 13,08 | 0,00378 | 0,2268 | 5,444 |
| 1/4 | 6,54 | 0,00098 | 0,0576 | 1,413 |
| 1/8 | 3,27 | 0,00027 | 0,0162 | 0,391 |

Der Wasserzoll eignet sich natürlich nur für kleine Wassermengen, während grössere mit einem künstlichen Ueberfallwehr gemessen werden, das man aus Brettern quer über den Wasserlauf errichtet. Man erhält in der Breite des Wasserlaufes, der Breite des Wehres und der Höhe des Wasserspiegels über der horizontalen Ueberfallkante des Wehres, welche in einiger Entfernung von demselben zu messen ist, die Zahlenwerthe, aus welchen sich mittelst bekannter Formeln die in der Zeiteinheit über das Wehr abfliessende Wassermenge berechnen lässt. In ähnlicher Weise können statt der Ueberfälle auch Schützen zur Messung verwendet werden. Messungen dieser Art erfordern die gewissenhafteste Beachtung bestimmter Cautelen, ohne welche sie zu folgenschweren Irrthümern führen.

Die Messung der Wassermenge mittelst Geschwindigkeitsbestimmung kann mit Hilfe eigens dazu construirter Instrumente, z. B. des hydraulischen oder Woltmann'schen Flügels, oder mittelst Schwimmer erfolgen.

Der hydraulische Flügel ist in seinem Princip nach Art der Construction und Handhabung dem der Anemometer sehr ähnlich, für welche er eigentlich das Vorbild gab.

Die Messung mittelst Schwimmer wird in der Weise vorgenommen, dass man im Stromstrich einen Gegenstand, z. B. eine

Flasche schwimmen lässt und die Zeit ermittelt, innerhalb welcher er eine zuvor gemessene Strecke zurücklegt; diese Versuche bedürfen einer öfteren Wiederholung um aus dem Ergebniss einen Mittelwerth zu bekommen. Die Versuchsstrecke muss geradlinig, nicht zu kurz und von annähernd constantem Querschnitt sein. Aus der so ermittelten Geschwindigkeit im Stromstrich erfährt man durch Multiplikation mit 0,81 die Geschwindigkeit im ganzen Querprofil; das per Sekunde abfliessende Wasserquantum berechnet sich durch Multiplikation der Geschwindigkeit für diese Zeiteinheit mit dem Wasserquerschnitt.

*Messung des nicht frei fliessenden Wassers.*

Mit einem der vorgenannten Verfahren kann unter Zuhilfenahme von Schöpfvorrichtungen (von Pumpbrunnen und für grosse Wassermengen von Centrifugalpumpen mit Dampfbetrieb) auch die Ergiebigkeit eines nicht frei fliessenden Wasservorrathes bestimmt werden.

C. Flügge[10] stellte annäherungsweise die Menge des einem Brunnenschacht in der Zeiteinheit zufliessenden Wassers folgendermaassen fest: Es wird durch gleichmässig schnelles Pumpen eine merkliche Depression im Versuchsbrunnen erzeugt und sowohl diese als auch das ausgepumpte Wasser gemessen. Eine Vergleichung der beiden Werthe, welche man für die Wasserabgabe einerseits durch direkte Messung des ausgepumpten Wassers, andrerseits durch Berechnung aus der Depression erhält, wird, wenn während des Pumpens ein Zufluss statt gehabt hat, ergeben, dass mehr Wasser gefördert worden ist, als der Verlust im Brunnenschacht beträgt. Diese Differenz zeigt die Menge des zufliessenden Wassers an.

Die Ergiebigkeit eines Grundwasserstroms ist abhängig von der Mächtigkeit, Durchlässigkeit und dem Gefälle der wasserführenden Schicht. Für genauere Messungen sind daher die Grössen dieser belangreichen Faktoren zu ermitteln.

Zur Bestimmung der Mächtigkeit und Durchlässigkeit sind gewöhnlich direkte Bohrungen erforderlich, deren Ergebniss bezüglich der Durchlässigkeit übrigens noch einer Ergänzung durch das Resultat von Pumpversuchen unbedingt bedarf.

Das Gefälle erfährt man durch Nivellement der Wasserspiegel in vorhandenen Brunnen oder in eigens zu diesem Zweck in das Grundwasser eingelassenen Norton'schen Röhren. Um die Angaben der Grundwassermessungen vergleichen zu können, ist für sämmtliche Beobachtungsstellen der sog. Fixpunkt, von welchem aus der Abstand des Wasserspiegels von der Erdoberfläche gemessen wird, auf einen gemeinsamen Nullpunkt (Horizont), den man über oder unter dem

Beobachtungsort annehmen kann, einzunivelliren und die so ermittelte Höhenlage (Cote) des Brunnens zu jeder Beobachtungszahl zu addiren beziehungsweise davon abzuziehen.

Wenn man nun auf einem Plane, auf dem die Lage der Beobachtungsstellen eingetragen ist, von letzteren diejenigen, deren Wasserspiegel den gleichen Abstand vom gemeinsamen Nullpunkt zeigt, durch je eine continuirliche, sich den Verhältnissen anpassende Curve (Isophyse, Aequidistante oder Horizontalcurve des Grundwassers) verbindet, so erhält man einen Höhenschichtenplan des Grundwassers. Eine dermaassen aufgezeichnete Stromkarte der unterirdischen Wasserläufe gibt uns über Richtung und Gefälle im Grundwasserbecken Auskunft und lässt sonach auch erkennen, ob man es mit einer seeartigen Ansammlung oder einem fliessenden Strom zu thun hat und wo der Strom in einen See übergeht. Das Gefälle ist um so grösser, je näher die Horizontalcurven an einander rücken. Die Richtung, woher das Grundwasser einer Beobachtungsstelle zufliesst, erfährt man in der Weise, dass man von dieser eine Normale auf die nächsthöhere Horizontalcurve fällt und vom Schnittpunkte in gleicher Weise auf die folgenden Curven übergeht (A. Thiem[11], C. W. v. Gümbel[12]).

Nach dem Dupuit-Darci'schen Filtrationsgesetz ist das durch ein vertikales Filter von constantem Querschnitt fliessende Wasserquantum (Q) direkt proportional dem Produkte aus Filterfläche (F), Druckhöhe (H) und einem von der Durchlässigkeit des Filtermaterials abhängigen Coëfficienten (k) und indirekt proportional der Höhe der Filterschicht (h), es ist sonach $Q = k \frac{FH}{h}$.

Der Grundwasserstrom findet im durchlässigen Boden für seine horizontale Bewegung im Wesentlichen keine anderen Bedingungen als das Wasser im künstlichen Filter. Wir können somit das Filtrationsgesetz auch auf die Grundwasserströmung anwenden. Für einen Grundwasserstrom ist, wenn wir dessen senkrecht zur Stromesrichtung gemessene Breite zu 1 annehmen, in die Formel anstatt F seine Mächtigkeit und anstatt des Quotienten $\frac{H}{h}$ der Sinus des Neigungswinkels ($\alpha$) einzusetzen, den der Grundwasserspiegel mit einer horizontalen Ebene bildet, also wird

$$Q = kM \cdot \sin \alpha.$$

Diese Gesetzmässigkeit der horizontalen Grundwasserbewegung hat Thiem[11] in folgendem Verfahren zur Bestimmung der Ergiebigkeit verwerthet:

Man ermittelt im Versuchsbrunnen und in benachbarten Beobachtungsstellen durch Nivellement der Grundwasserspiegel die Strömungsverhältnisse im natürlichen Zustande, hält sodann den Wasserspiegel im Versuchsbrunnen auf einige Zeit durch Auspumpen in Depression und beobachtet aufs Neue, um die Grundwasserstände im beeinflussten Zustande zu erfahren. Da nach Darci im durchlässigen Terrain die Geschwindigkeit proportional den Widerständen ist, so bezeichnet der Unterschied der Cotendifferenzen unter natürlichen und beeinflussten Verhältnissen denjenigen Widerstand, welcher der künstlichen, durch das Pumpen erzeugten Geschwindigkeit zukommt.

Wenn z. B. in zwei, in einer Achse liegenden Beobachtungsröhren $a_0$ und $a_1$, von welchen $a_0$ dem Mittelpunkt des Versuchsbrunnens näher liegt als $a_1$, der natürliche Wasserspiegel in $a_1$ um 20 cm höher liegt als in $a_0$, so zeigt dieses Maass die Widerstände an, welche die in der betreffenden Achse liegende Componente der natürlichen Grundwassergeschwindigkeit bei Zurücklegung des Weges von $a_1$ nach $a_0$ hin zu überwinden hat. Würde nun nach eingeleitetem Betrieb des Brunnens dieses Maass von 20 cm auf 50 cm gestiegen sein, so verblieben für die künstlich erzeugten Widerstände, da 20 cm den natürlichen zukommen, noch 30 cm übrig. Die Widerstände sind proportional der Geschwindigkeit, mithin verhält sich die natürliche Geschwindigkeit beziehungsweise deren Componente zur künstlichen wie 2 : 3.

Aus derartigen Beobachtungen wird die Depressionscurve bestimmt. Die Coordinaten derselben dienen als Unterlage für die Berechnung des vom Brunnen zu erwartenden Wasserquantums, für welche Thiem auf Grund des Filtrationsgesetzes Formeln aufgestellt hat.

*Bestimmung der Geschwindigkeit des Grundwassers.*

Für die Beurtheilung der Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit ist es eine unerlässliche Frage, ob der im Schoosse der Erde nachgewiesene Wasservorrath im Zustande der Ruhe oder der Bewegung ist.

Das Auffinden einer lebhaften Strömung kann als ein gutes Zeichen gelten, dagegen darf man von teichartigen Ansammlungen im Grundwasserbecken eine dauernde Ergiebigkeit nur in dem Falle erwarten, dass die Beobachtung der Brunnenspiegel einen beständigen Zu- oder Abfluss nachgewiesen hat.

Die Grösse der Fortbewegung wird durch vergleichende Beobachtungen der vertikalen Schwankungen des Grundwassers mitunter in einfacher Weise ermittelt. Zeigt von zwei in demselben Strömungsstrich liegenden Wasserspiegeln das Diagramm des oberen einen ausgesprochenen Wellenberg, so wird, wenn ein correspondi-

render Wellenberg nach einiger Zeit auch im unterhalb liegenden Wasserspiegel beobachtet wird, die Entfernung der Brunnen zusammengehalten mit der Zeit ein Maass für die Geschwindigkeit des Grundwasserstroms bieten (Thiem[13]).

In ähnlicher Weise bestimmte Hess[14] die Grundwassergeschwindigkeit, indem er die Zeit beobachtete, innerhalb welcher nach dem Anschwellen eines Flusses das Aufstauen des Grundwassers sich auf die vom Flussufer entfernter gelegenen Brunnen fortpflanzt und durch ein Steigen des Wasserstandes kund gibt.

Auch ist vorgeschlagen worden, die Geschwindigkeit der Grundwasserbewegung durch künstliche Beimengung eines gelösten Körpers (Kochsalz) oder färbenden Stoffes zum Grundwasser und Bestimmung der Zeit seines Auftretens in den tiefer liegenden Brunnen anzustreben.

### *Merkmale der Ergiebigkeit und Nachhaltigkeit.*

Zur Ermittelung der Grösse des verfügbaren Wasservorraths zieht man ausser dem Ergebniss der genannten direkten Beobachtungen noch Erhebungen über die Regenmenge in Verbindung mit dem Umfang des Niederschlagsgebiets in Betracht.

Mitunter geschieht es noch, dass diese meteorologischen Verhältnisse allein als maassgebend für die Berechnung der aus einem Terrain zu gewinnenden Wassermenge angesehen werden. Nach Thiem[13] kann auf diese Weise nur dann ein brauchbarer Aufschluss gefunden werden, wenn zunächst das orographisch bestimmte Niederschlagsgebiet das unterirdische Abflussgebiet deckt, d. h. wenn die sichtbaren und unsichtbaren Abflussrichtungen im gleichen Sinne vertikal übereinander liegen; ferner wenn die Coëfficienten für sichtbaren Abfluss, Verdunstung und Infiltration die richtigen sind. In der Technik ist es üblich anzunehmen, dass ungefähr ein Drittel der gesammten atmosphärischen Niederschläge verdunste, ein Drittel in den Boden versickere und das letzte Drittel oberflächlich ablaufe (A. Frühling[4] S. 18), und dass man die aus Quellen zu gewinnende Wassermenge im Allgemeinen nicht höher als zu ein Sechstel bis ein Fünftel der Gesammt-Regenmenge des Quellengebietes anschlagen dürfe, — freilich unter der Voraussetzung, dass die Schichtungen des Gebirges nicht einen unterirdischen Abfluss nach einem anderen Regengebiet bedingen (E. Schmitt[4] S. 220).

Ungemein wichtig ist für die Versorgung, dass man sich auch für die Nachhaltigkeit der Bezugsquellen eine Gewähr schafft. Da die klimatischen Verhältnisse eines Ortes und nament-

lich die Regenmengen, von welchen die Ergiebigkeit der Wasservorräthe abhängt, in den verschiedenen Jahrgängen sehr erhebliche Schwankungen zeigen, haben sich die Erhebungen über die Leistungsfähigkeit auf eine Reihe von Jahren zu erstrecken, unter welchen auch auffallend trockene Jahrgänge sich befinden.

Direkte Beobachtungen für ein Versorgungsprojekt können selten auf einen längeren Zeitraum als 1 bis 3 Jahre ausgedehnt werden. Man sieht sich daher auf die Nachfrage bei der Bevölkerung und die Erinnerung seit Menschengedenken angewiesen. Indessen sind derartige Erkundigungen nur mit äusserster Vorsicht zu führen, namentlich wenn die Ausführung des Projekts Schwierigkeiten in der Ablösung von Rechten der Anwohner gewärtigen lässt.

Am wenigsten ist in Hinsicht der Nachhaltigkeit ein auch nur einigermaassen zuverlässiges Prognostikon gegenüber Quellen zu geben, welche für die Versorgung erst künstlich aufgeschlossen oder erschlossen werden. Der Versuch durch Aufschliessen unzureichender Quellen die Ergiebigkeit zu vermehren, kann leicht zu Enttäuschungen führen, indem für die erste Zeit vielleicht der erwartete Erfolg eintritt, jedoch auf die Dauer nicht Stand hält.

In Folge von Erfahrungen dieser Art, die man häufig bei der Quellwasserleitung macht, besteht heutzutage einiges Misstrauen gegen die Nachhaltigkeit der natürlichen Quellen, aber wenn dieselben auch zur Vorsicht mahnen, können sie doch nicht eine principielle Verwerfung der Hochquellenleitung rechtfertigen. „Ueberall sind genaue örtliche Untersuchungen nothwendig und wenn früher in einseitiger dogmatischer Weise die Gebirgsquellen für die einzig richtige Art der Wasserversorgung wegen ihrer reinen Beschaffenheit erklärt wurden, so ist es ebenso voreilig, wenn heute alle Gebirgsquellwasserleitungen wegen ungenügender Menge in Bausch und Bogen verworfen werden."

Dieses mahnende Wort von F. Sander[15]) mögen übrigens auch jene beherzigen, welche in Voreingenommenheit für andere Arten der Versorgung sich gegen Grundwasserleitungen principiell aussprechen, weil auch diese mitunter an Ergiebigkeit nachlassen und mit der Zeit bisweilen ganz versagen.

**Literatur.** 1) Reincke, Ueber Schiffshygiene. Referat bei der Versammlung d. D. Vereins für öffentl. Gesundheitspflege zu Hamburg 1880; D. Vierteljahrsschr. für öffentl. Gesundheitspflege 1881. Bd. 13. 1. Hft., und J. J. Reincke, Gesundheitspflege auf Seeschiffen mit besonderer Berücksichtigung der Handelsflotte. Hamburg 1882. — 2) H. Gill u. A. Fölsch, Gutachten über das Projekt der Filtration f. d. Hamburger Stadtwasserkunst. März 1881. — 3) Journ. f. Gasbeleuchtung und Wasserversorgung. Jahrg. 1881. Hft 21. S. 724. — 4) Handbuch d. Ingenieurwissenschaften. Bd. 3.

Der Wasserbau. 1. Cap. S. 28. — 5) L. A. Veitmeyer, Voruntersuchung über die künftige Wasserversorgung von Berlin. Berlin 1871. S. 6. — 6) A. Bürkli, Anlage und Organisation städtischer Wasserversorgungen. Zürich 1867. — 7) E. Grahn, Ueber die berechtigten Ansprüche an städtische Wasserversorgungen. Referat f. d. Versammlung d. D. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege zu Düsseldorf 1876. S. 110 des Berichts. — 8) B. Salbach, Wasserversorgung d. Gebäude. Handb. d. Architektur. 4. Bd. Darmstadt 1881. — 9) F. König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen u. Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leizig 1878. — 10) C. Flügge, Die Bedeutung der Trinkwasseruntersuchung f. d. Hygiene. Zeitschr. f. Biologie 1877. Bd. XIII. S. 467. — 11) A. Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt Leipzig, Vorprojekt. Leipzig 1879, und Die Ergiebigkeit artesischer Bohrungen u. s. w. Journal f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung 1870. S. 450. — 12) Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrat München eingesetzten Commission für Wasserversorgung, Canalisation und Abfuhr. I. Bericht, Anhang 1 und II. Bericht, Beilage 3. München 1876 und 1877. — 13) A. Thiem, Die Wasserversorgung der Stadt München, Vorprojekt. München 1876. S. 18 u. 19. — 14) Hess, Zeitschrift d. Hannöver. Architekten- und Ingenieur-Vereins 1870. S. 231; Handb. d. Ingenieurwissenschaften. 3. Bd. S. 26. — 15) F. Sander, Handb. d. öffentl. Gesundheitspflege. Leipzig 1877. S. 280.

---

## SECHSTES CAPITEL.

# Die Art der Beschaffung des Wassers.

### Die Wahl der Bezugsquellen.

Von den Wasservorräthen der Natur können als Bezugsquellen für die Versorgung von Gemeinden in Frage kommen:

1. natürliche (lebendige) und künstlich erschlossene Quellen;
2. Bäche und Flüsse;
3. Teiche und Seen;
4. atmosphärische Niederschläge.

Es wurde schon in früheren Capiteln die Charakteristik dieser Wasservorräthe in Hinsicht des chemischen Bestandes, der Temperatur und Ergiebigkeit dargelegt und der ungleiche Werth derselben für die Zwecke der Versorgung erörtert. Wir haben uns davon überzeugt, dass die Entscheidung in der Wahl nur von Fall zu Fall geschehen dürfe, weil innerhalb der einzelnen Kategorien grosse Unterschiede nach Qualität und Quantität des Wassers vorkommen, indem es z. B. reine und unreine, beständige und unbeständige Quellen gibt, wie andererseits auch Bäche sich finden, deren Wasser dem von manchen natürlichen Quellen unbedingt vorzuziehen ist.

*Unterschiede im Werthe der Bezugsarten.*

Es wird im einzelnen Falle darauf ankommen, dass nicht sowohl die Analyse die gute Beschaffenheit des Wassers nachweist, als auch, dass in der Lokalität, welcher das Wasser entnommen werden soll,

einige Garantie für die Beständigkeit der Zusammensetzung und den unschädlichen Charakter der nachzuweisenden Beimengungen geboten ist. In diesem Sinne unterscheiden sich die Gelegenheiten zur Gewinnung des Wassers im Werthe wesentlich von einander, je nach dem Orte, wo sie sich finden, und verspricht ein Bach nahe bei seinem Ursprung, so lange er sich noch im Gebirge oder im bewaldeten Terrain hält, eher ein Wasser, das allen Ansprüchen genügt, wie eine selbstthätig in der landwirthschaftlich benutzten und bewohnten Ebene auftretende Quelle oder das in und bei Ortschaften durch Anlage von Brunnen erschlossene Grundwasser.

Allerdings wird man, wo zwischen einzelnen Bezugsquellen, die in Hinsicht der Leistungsfähigkeit als ausreichend befunden sind, die letzte Wahl zu treffen ist und die Qualität den Ausschlag geben soll, dem reinen Quell- oder Grundwassser — vorausgesetzt, dass auch sein Härtegrad dem Versorgungsprogramm entspricht — unbedingt den Vorzug vor allen anderen, und dem Wasser aus Bächen und Flüssen, sowie aus Teichen und Seen vor dem der atmosphärischen Niederschläge geben müssen.

Die Versorgung mit dem aus dem Boden kommenden Wasser bietet den Vortheil, dass sie am ehesten den in Hinsicht der Temperatur gemachten Ansprüchen genügt; dagegen entspricht dieses häufig nicht den Anforderungen bezüglich der Härte, während Flusswässer in der Regel und Meteorwässer immer weich sind. Das Quell- und Grundwasser eignet sich gewöhnlich zur direkten Benutzung, dagegen hält sich das Bach- und Flusswasser unter allen Witterungsverhältnissen nur ausnahmsweise so rein, dass die Zuleitung ohne vorherige Filtration geschehen dürfte.

Auch die Gebirgsseen und gut angelegte Sammelgründe für atmosphärische Niederschläge gestatten ohne Weiteres die Zuführung, die Landseen dagegen nicht. Selbst wenn das Wasser von Flüssen und Landseen verhältnissmässig rein und klar erscheint, enthält es mehr oder weniger kleinste Körper in feinster Zertheilung, mineralische und erdige Partikel, Organismen, Reste von pflanzlichen und thierischen Substanzen u. dgl., welche ihm den bekannten eigenthümlichen Geschmack des Fluss- und Seewassers geben und zum Theil die Veranlassung sind, dass es sich beim Stehen nicht hält (L. A. Veitmeyer[1]).

*Kosten von Anlage und Betrieb der Versorgung.*

So wenig auch die Gemeinden sich durch finanzielle Rücksichten abhalten lassen dürfen, der ihnen in Hinsicht der Wasserversorgung

auferlegten Pflicht zu genügen, haben sie doch allen Grund in letzter Reihe noch den Kostenpunkt in Erwägung zu ziehen, — wobei allerdings dem billigeren Projekte nur dann der Vorzug zu geben ist, wenn das Wasser nach Beschaffenheit und Menge den als unerlässlich geltenden Anforderungen der Gesundheitspflege entspricht.

Wenn wir von den Gemeinden mehr verlangen, als dass sie durch Aufsuchen von Bezugsquellen in nicht zu weiter Entfernung vom Verbrauchsort ihren Wasserbedarf decken, kann die Uebertreibung der Ansprüche sie leicht dazu drängen, die für sanitäre Zwecke verfügbaren Mittel allein der Wasserversorgung zuzuwenden und über dieser andere nicht minder wichtige Assanirungsaufgaben zu vernachlässigen. Aber man hat auch die Erfahrung gemacht, dass Gemeinden angesichts der Forderung, aus meilenweiter Entfernung Quellwasser zuzuleiten, zögerten, überhaupt etwas zu thun, und lieber bei der Einzelversorgung aus Pumpbrunnen verharrten, als sich wenigstens durch Anlage einer centralen Flusswasserversorgung zu verbessern. Hier gilt es fürwahr, dass man nicht soll das in weiter Ferne zu suchende Bessere des nahe liegenden Guten Feind werden lassen.

Ueber die Kosten der Anlage von Versorgungen englischer und deutscher Städte gibt eine statistische Zusammenstellung von E. Grahn[2)] interessante Aufschlüsse. Von 159 englischen Städten sind 53 durch Pumpenbetrieb, 63 durch natürliches Gefälle versorgt, unter 80 deutschen Städten haben 68 Grund- oder Quellwasserversorgung und zwar 33 durch künstliche Hebung, 35 mit natürlichem Druck, während die übrigen 12 Flusswasser beziehen und zwar 3 unfiltrirtes und 9 filtrirtes. Es betragen im Durchschnitt die Anlagekosten in Mark:

| Anzahl der Städte | Art des Bezuges | für den Kopf der Bevölkerung | für den Cubikmeter des in 24 Stunden verfügbaren Wasserquantums |
|---|---|---|---|
| | *englische Städte* | | |
| 50 resp. 48 | künstliche Hebung . . . . . | 46 | 234 |
| 64 resp. 56 | Gravitationsleitung . . . . . | 46 | 267 |
| | *deutsche Städte* | | |
| 3 | unfiltrirtes Flusswasser . . . . | 26,87 | 123,28 |
| 9 | filtrirtes Flusswasser . . . . . | 23,86 | 130,68 |
| 33 | Grund- und Quellwasser: künstliche Hebung | 28,80 | 148,68 |
| 35 | Grund- und Quellwasser: natürlicher Druck | 52,88 | 297,47 |

In Hinsicht der Betriebskosten stellt sich das Verhältniss für die Gravitationsleitung günstiger, sodass die Wasserpreise der verschie-

denen Bezugsarten sich einander nähern. Den Erhebungen E. Grahn's zufolge stellt sich in englischen Städten der Durchschnittspreis des Wassers für den Hausbedarf bei Pumpenbetrieb auf 3,9 % des Miethwerthes, bei natürlichem Gefälle auf 4,2 % und der Durchschnittspreis pro Cubikmeter bei Pumpenbetrieb auf 0,14 M., bei natürlichem Gefälle auf 0,135 M., (bei dieser Berechnung sind die Städte ausgeschlossen, in welchen über 7½ % vom Miethwerthe und über 0,3 M. pro Cubikmeter bezahlt wird).

In Hinsicht der Wahl der Bezugsquellen hat der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege in seiner Versammlung zu Düsseldorf (1876) folgende Thesen angenommen:

„Quellwasser, Grundwasser, filtrirtes Flusswasser vermögen die gestellte Aufgabe zu erfüllen; welche Art von Wasserversorgung im einzelnen Falle den Vorzug verdient, hängt von den örtlichen Verhältnissen ab.

Unter sonst gleichen Qualitäts- und Quantitätsverhältnissen ist dem Wasser der Vorzug zu geben, welches:

a) durch die Sicherheit und Einfachheit der Anlage die grösste Garantie für den ungestörten Bezug bietet,
b) den geringsten Aufwand an Anlage- und capitalisirten Betriebskosten erheischt."

## Die Art der Gewinnung des Wassers.

### *Quellen.*

Beim Heranziehen von Quellen zur Versorgung ist es eine der nächsten Aufgaben der Technik, die zum Quellenbezirk gehörigen, theilweise noch nicht sichtbaren Wasserrinnen aufzudecken, die freilaufenden Quellen sammt den erschlossenen zu fassen und das Wasser derselben in einem Vereinigungspunkt zu sammeln.

Das Fassen der Quellen geschieht, theils um dieselben in ihrem Bestand nach Qualität und Quantität zu sichern, theils um einen gleichmässigen und ununterbrochenen Betrieb der Versorgung zu erzielen. Auch einzelne Quellen, welche zu direkter Entnahme ohne Zwischenleitung dienen, müssen gefasst werden und bieten zugleich die dafür angelegten Behälter den Nutzen, dass sich in ihnen die etwa mitgerissenen Sandtheilchen vor der Entnahme absetzen. Für die Wasserleitungen werden Sammelkanäle, Brunnen- oder Quellenkammern erforderlich, für deren Anlage sich in jedem einzelnen Falle besondere Gesichtspunkte darbieten.

Diese Fassungsarbeiten verlangen grösste Sorgfalt und viel Geschick, wenn nicht durch sie die Ergiebigkeit der Quellen geschädigt, anstatt erhöht werden soll. König-Poppe[3)] stellt für die Fassungsarbeiten folgende allgemeinen Grundsätze auf:

1. Die Sohle der Sammelkanäle und der Brunnenkammern soll womöglich in die wasserhaltende Schicht hinein fundirt sein und darf die Wasserhöhe in denselben nicht über das Niveau des natürlichen Wasserlaufs gehen. Kann jedoch mit der Sohle eine vollkommene wasserhaltende Schicht nicht erreicht werden, so ist erstere wasserdicht zu mauern.

2. Die Wände der Kanäle, welche auf der, der Richtung des Wasserlaufes entgegengesetzten Seite liegen, müssen wasserdicht gemauert werden, die übrigen Seitenwände sind mit offenen Fugen herzustellen; die Sohle ist mit reinem Kies oder Schotter auszulegen.

3. Für Ventilation der Quellenkanäle muss gesorgt werden, sowie Rückstauungen nach den Quellen durch selbstwirkende Ueberläufe zu beseitigen sind.

4. Jede Quelle muss für sich ausgeschaltet werden und die Reinigung der einzelnen Kammern bewirkt werden können, ohne die Ableitung der andern Quellen stören zu müssen.

5. Bei veränderlichen Wasserzuflüssen müssen sämmtliche Kanäle, Kammern u. s. w. auf die beobachtete Maximalwassermenge berechnet werden.

6. Für bequeme Zugänglichkeit der baulichen Anlagen ist hauptsächlich Sorge zu tragen.

7. Das Eindringen von Tagwasser ist endlich sorgfältig zu vermeiden und müssen die fertigen Anlagen durch Anpflanzungen, an deren Fuss offene Gräben, geschützt werden.

### *Grundwasser.*

Für die Wasserversorgung darf man das Grundwasser nur an Stellen erschliessen, welche durch ihre Lage vor verunreinigenden Einflüssen der Erdoberfläche geschützt sind; man wird demgemäss die nächste Nähe bewohnter Plätze meiden und das Wasser unter Berücksichtigung seiner Stromrichtung keinesfalls unterhalb derselben, zum wenigsten nicht unterhalb der Abort- und Düngergruben u. dgl. beziehen.

Die Entnahme für die Versorgung einzelner Gebäude wird durch Anlage von Brunnen ermöglicht, welche theils gegraben oder erbohrt, theils durch Einschrauben oder Einrammen von schmiedeeisernen Röhren hergestellt werden.

Je nach der Tiefe, bis zu welcher man die Brunnen in der Erdrinde anlegt, unterscheidet man Flachbrunnen, Tiefbrunnen und artesische Brunnen.

Brunnen der letzteren Art, die sog. abessynischen, amerikanischen oder Norton'schen Brunnen, stellen eines der einfachsten Mittel dar, das Wasser des Untergrundes zu erschliessen. Man wendet ein schmiedeeisernes Brunnenrohr von 30 bis 80 mm Weite an, dessen unterstes Rohrstück entweder mit einer Spitze, an der Schraubengänge und eine Anzahl Löcher zum Eintritt des Wassers angebracht sind (Schrau-

benbrunnen), oder mit einer kulpigen Stahlspitze ausgerüstet ist, oberhalb welcher gleichfalls Löcher in der Röhre vorhanden sind (Rammbrunnen). Je nach der Bodenart wird die eine oder die andere Vorrichtung angewandt. Wird auf diese Röhre, wenn sie in den Boden eingeschraubt oder eingerammt ist, eine kleine Handpumpe aufgesetzt, so sind alle Bedingungen zur Wasserentnahme erfüllt. Erweist sich die Ergiebigkeit des Brunnenrohres als eine grosse, so kann dasselbe direkt als Saugrohr einer grösseren, durch mechanische Kräfte bewegten Pumpe dienen (Salbach[4]).

Gebräuchlicher ist es noch, die Brunnen in Form eines einfachen kreisrunden Schachtes anzulegen, der bis zum Wasserspiegel oder auch bis zur Sohle aus wasserdichtem in Cementmörtel hergestelltem Mauerwerk besteht. Um dem Wasser den Eintritt zu gestatten, wird der untere Theil, soweit er durchlässig sein soll, mit Stossfugen versehen oder in anderer Weise durchbrochen hergestellt. Nicht in allen Fällen ist es erforderlich, den Brunnenschacht bis in die Tiefe der wasserführenden Schicht mit gleichem Durchmesser anzulegen, vielmehr genügt es bei grosser Tiefe der wasserführenden Schicht unter Terrain, dieselbe durch Eintreiben eines gelochten gusseisernen Rohres zu erschliessen, welches man in den Boden des Brunnenschachtes einmauert (Salbach[4]).

Der Brunnenschacht soll mindestens 80 cm lichte Weite und eine solche Tiefe haben, dass zu jeder Zeit Wasser entnommen werden kann. Er ist gegen Verunreinigung durch fremdes Wasser sowohl an der Erdoberfläche als in der Tiefe zu sichern und desshalb von Abwasser- und Kothgruben, Düngerstätten u. dgl. mindestens 5 m entfernt zu halten. Die obere Mündung ist mittelst Platten oder Gewölbe abzudecken, unter Ermöglichung des Einsteigens, und hat man für geregelten Ablauf des Brunnenwassers zu sorgen (Baumeister[5]).

Unter der Bezeichnung „Filterbrunnen“ werden gegrabene Brunnen mit stehenden Filtern in der Weise hergestellt, dass zum Fassen des Schachtes ein doppeltes, zum Theil durchlässiges Mauerwerk angewandt und der Zwischenraum mit Kies ausgefüllt wird.

Für die Versorgung im Grossen sind zur Sammlung des Grundwassers grössere Brunnenschachte erforderlich, deren Weite (2 bis 5 m) nach der verlangten Wassermenge und der Durchlässigkeit des Bodens sich richtet. Wo ein Brunnen nicht ausreicht, werden mehrere in gewissem Abstande neben einander angelegt; solche Brunnen können durch Stollen mit einander verbunden werden. In zweckmässiger Weise stellt man auch Sammelkanäle, sog. Sammelstollen, radiär vom einzelnen Brunnenschacht ausgehend, her, um die Brunnen leistungsfähiger zu machen. Diese Stollen müssen noch schliefbar sein und das erforderliche Gefälle zum Brunnen haben. Die Sohle der Brunnen wird 3 bis 6 m, die der Kanäle 1,5 bis 2 m tiefer als der niedrigste Grundwasserstand gelegt (König-Poppe[3], a. a. O. S. 193).

### *Bach- und Flusswasser.*

Bei der Wassergewinnung aus Bächen und Flüssen ist nicht minder wie beim Grundwasser die Wahl der Bezugsstelle von grossem Belang, denn diese können in ihrem Laufe und in ihrer Breite beträchtliche Qualitätsunterschiede im Wasser zeigen.

Zur Entnahme sind Abschnitte der Wasserläufe nicht geeignet, welche einer direkten Einmündung von Schmutzwässern ausgesetzt sind oder noch unter dem Einflusse einer, in stromaufwärts gelegenen Abschnitten geschehenden Verunreinigung stehen.

Dicht beim Ufer erfahren diese Wasservorräthe, welche sich aus oberirdischen Zuflüssen und aus dem in ihr Bett eindringenden Grundwasser zusammensetzen, nicht nur leichte Verunreinigungen, sondern es trägt in der Regel auch die geringe Strömung und der seichte Zustand noch wesentlich dazu bei, dass das Wasser an Werth verliert. Es sind insbesondere Einbuchtungen und Buhnen zu vermeiden und ist das Wasser mittelst einer Röhrenleitung oder eines gemauerten Kanals in einiger Entfernung vom Ufer zu entnehmen. Die Lage der Einmündung wird gewöhnlich theils durch den niedrigsten Wasserstand theils durch die Rücksicht auf den Verkehr zu Wasser vorgezeichnet. An der Mündung bringt man, um gröbere Verunreinigungen fern zu halten, ein Drahtgitter oder einen siebartigen Saugkorb an.

Aber auch unter Beachtung der genannten Gesichtspunkte für die Wahl der Bezugsstelle wird das aus den Bächen und Flüssen entnommene Wasser nur zu gewissen Zeiten oder überhaupt nicht so klar sein, dass es ohne vorherige Reinigung für alle Zwecke der centralen Wasserversorgung zu gebrauchen ist.

Man kennt im Wesentlichen zwei Reinigungsverfahren für die Versorgung im Grossen, die Ablagerung der Sinkstoffe und die Filtration durch poröse Körper (vgl. S. 211 Capitel VII „Verbesserung des Wassers").

Uebrigens verfügt die Technik noch über ein weiteres, unter der Bezeichnung „natürliche Filtration" bekanntes System der Flusswasserversorgung, welches specielle Reinigungsverfahren überflüssig macht. Es zeichnet sich vor dem bisher besprochenen dadurch aus, dass der Bezug des Wassers nicht durch direkte Entnahme aus dem Wasserlaufe, sondern mittelst seitlich vom Flusse im Boden angelegter Sammelkanäle (Filtergallerien, Saugkanäle) geschieht, nach welchen das Wasser aus dem Flussbett durch die zwischenliegenden Bodenschichten filtrirt.

Wie die Brunnen in der Nähe von Flüssen werden die Sammelkanäle unter Umständen zum Theil auch vom Grundwasser gespeist werden. Gruner und Thiem[6], und mit ihnen noch Andere, sind der Meinung, dass Wasserversorgungen, welche sich auf natürliche Filtration basirten und dennoch dauernd befriedigende Resultate geben, dieses günstige Resultat nur einzig und allein dem Vorhandensein von Grundwasserströmungen in der Richtung der sichtbaren Wasserläufe zu verdanken haben.

Die Ursache, warum man selbst Grundwasserversorgungen in der Nähe von Flüssen anlegt, auf deren Mitwirkung man dem Princip nach ja gar nicht rechnet, bestehe einfach darin, dass in deren Nähe die Grundwässer den tiefsten Stand haben, nicht weiter sinken können und somit auch ihre dauernde Gewinnung an solchen Stellen am meisten gewährleistet sei.

Die Flusswasserversorgung mittelst natürlicher Filtration bietet neben der grösseren Reinheit des Wassers auch den Vortheil, dass die Temperatur des Wassers mehr den Bedingungen genügt, welche mit Rücksicht auf den Trinkgebrauch gestellt sind. So steigt nach Veitmeyer[1] (a. a. O. S. 57) z. B. die Temperatur dieses Wassers in Toulouse auch in den dortigen heissen Sommern selten auf 13 bis 14° C und ist im Winter selbst nach 25 Tagen anhaltenden starken Frostes nicht unter 8 bis 9° C gesunken. Es nähert sich die Temperatur umsomehr der des Grundwassers, in je grösserer Entfernung vom Ufer die Filtergallerien angelegt werden können, was wesentlich von der Durchlässigkeit des Bodens abhängt.

Von derartigen Anlagen haben manche sich vorzüglich bewährt, dagegen sind andere, und zwar verhältnissmässig nicht wenige missglückt, indem sie theils schon zu Anfang ihres Betriebes das Wasser entweder in Menge oder in Reinheit ungenügend lieferten oder mit der Zeit in Folge von Verschlammung der filtrirenden Flächen in der Leistungsfähigkeit mehr und mehr zurückgegangen sind. Gewiss hat man nicht Ursache, diese Misserfolge auf Rechnung des Princips zu schreiben; sie sind zum Theil durch Fehler in der Ausführung, aber auch zum Theil durch Zufälle bedingt, welche sich dem Calcul des Technikers mehr oder weniger entziehen. Nichtsdestoweniger gilt die Methode der natürlichen Filtration nicht als besonders empfehlenswerth, zumal sie nicht allein unsicher im Betrieb sondern auch theuer ist.

Nach König-Poppe[3] (a. a. O. S. 207) ist es die erste Bedingung des Gelingens der natürlichen Filtration, dass die durchlässigen Uferschichten als Filtermaterial den entsprechenden Grad der Durchlässigkeit haben;

sie sollen Kiesschichten sein, und zwar müssen — besonders die dem Flusse nächsten — mit Sand vermischt sein oder das Flussbett selbst aus Sand bestehen. Eine weitere Bedingung sei die Selbstreinigung, insofern der nach und nach auf der Filtrirfläche des Flussbettes abgelagerte Schlamm zeitweilig (z. B. beim Hochwasser) durch den Fluss selbst weggeführt werden müsse; dies sei bei Biegungen des Flusses dadurch anzustreben, dass man die concave Seite zur Anlage der Saugkanäle wählt. Die dritte Bedingung, genügende Leistungsfähigkeit, werde erreicht, wenn man die Filtergallerien entsprechend lang und parallel mit dem Fluss anlegt.

### *Teich- und Seewasser.*

Für die Beschaffung des Wassers aus Teichen und Seen ergeben sich nahezu die gleichen Gesichtspunkte wie für die Flusswasserversorgung, indessen gestatten diese im Allgemeinen noch eher als die Flüsse eine unmittelbare Verwendung.

Von Alters her legt man zur Wassergewinnung auch künstlich grosse Behälter, Sammelteiche, an — sei es durch Aufführung von Erdwällen oder durch Ausgraben von kesselartigen Vertiefungen in der Erdoberfläche — und lässt in denselben das oberflächlich abfliessende Meteorwasser und das Wasser der in ihrem Bereiche entspringenden Quellen sich vereinigen. Heutzutage ist dieses Verfahren besonders in England heimisch, so dass man es auch als englisches System bezeichnet. Es wird oft in der Weise ausgeführt, dass man ein Thal durch Dämme oder Mauern abschliesst und so zu einem Wasserbecken umwandelt („Thalsperren“).

In Folge von Berstung der Umfassungen solcher Anlagen sind wiederholt schon plötzliche Ueberschwemmungen und schwere Unglücksfälle vorgekommen (z. B. beim Dammbruch von Sheffield im Jahre 1864).

### *Meteorwasser.*

Die Versorgung mit Meteorwasser wird zumeist nur für den Bedarf im Kleinen angestrebt, indem man dasselbe, um ein weiches Nutzwasser für das Waschen zu bekommen, wie es von den Dächern abfliesst, in Behältern, Cisternen, sammelt und für die spätere Verwendung aufbewahrt. Für andere Zwecke kann es nur als äusserster Nothbehelf in Frage kommen.

Ausser durch direktes Auffangen hat man das Wasser der atmosphärischen Niederschläge auch durch Vermittelung der Drainage für die Versorgung zu gewinnen gesucht, indem man auf ausgedehnten Ländereien in geringer Tiefe ein System von Drainröhren, von lose an einander gereihten Thonröhren legte, welche das versickerte Meteorwasser aufnehmen und sammeln.

In Hinsicht der Verbesserung des Wassers bringt eine derartige Einrichtung keinen besonderen Vortheil, da der Weg zu kurz ist, den dasselbe durch das filtrirende Erdreich zurücklegt. Ueberdies belädt sich das Meteorwasser, besonders, wenn es auf kultivirtes Land fällt, leicht noch mehr mit Verunreinigungen. Wollte man auf diese Weise grössere Städte versorgen, so wären schon ausgedehnte Drainage-Anlagen erforderlich.

---

**Literatur.** 1) L. A. Veitmeyer, Vorarbeiten zu einer künftigen Wasserversorgung von Berlin. Berlin 1871. S. 55. — 2) E. Grahn, Die Wasserversorgung von 159 englischen Städten. D. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1875. Bd. 7. S. 168. — Referat f. d. Versammlung d. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege zu Düsseldorf 1876. D. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1877. Bd. 9. S. 110. — 3) F. König, Anlage und Ausführung von Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leipzig 1878. S. 190. — 4) B. Salbach, Wasserversorgung der Gebäude. Handbuch d. Architektur. 4. Bd. Darmstadt 1881. — 5) R. Baumeister, Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. § 44. S. 66. — 6) H. Gruner u. A. Thiem, Vorprojekt zu einer Wasserversorgung der Stadt Strassburg. Strassburg 1875. S. 31 u. 32.

---

## SIEBENTES CAPITEL.

# Die Verbesserung des Wassers.*)

Wo das verfügbare Wasser die zum Zweck der Versorgung verlangte Beschaffenheit nicht darbietet, versucht man dasselbe mit Hilfe eigener Verfahren in einen gebrauchs- und genussfähigen Zustand zu bringen. Bestrebungen nach dieser Richtung sind zu allen Zeiten zur Geltung gekommen, schon im Alterthum kannte man Mittel zum Verbessern des Wassers, die zum Theil heute noch im Gebrauch sind oder neuerdings der Empfehlung werth erachtet werden; bald zielen sie darauf ab, ein trübes oder gefärbtes Wasser klar und farblos zu machen, bald sollen sie den Geschmack verbessern, bald vorwiegend im Interesse von Haushalt und Gewerbe die Härte vermindern.

Zumeist knüpft sich an die Anwendung von Verfahren zur Klärung, Entfärbung und Geschmacksverbesserung die freilich trügerische Erwartung, dass dieselben auch gesundheitsschädliche Stoffe mit beseitigen. Das letztere galt besonders von den auf die Reinigung von organischen Stoffen gerichteten Mitteln. Von den zahlreichen Metho-

*) Vgl. F. Fischer[1]).

den sind folgende zu nennen: Gefrieren, Kochen, Destilliren, Zusetzen von chemisch-wirkenden Stoffen, Behandeln mit atmosphärischer Luft, Sedimentiren und Filtriren.

## Das Gefrierenlassen.

Es ist eine alte Erfahrung, dass man aus dem Eis, das durch langsames Gefrieren von Meerwasser entsteht, ein geniessbares Wasser von verhältnissmässig geringem Salzgehalt gewinnen kann. Den früher erwähnten Erfahrungen von Burdon-Sanderson zufolge lässt sich nicht mit Sicherheit erwarten, dass die Mikroorganismen im Wasser durch die Eisbildung vollständig vernichtet werden. Die Annahme, dass das Gefrieren die gesundheitsschädlichen Stoffe im Wasser beseitige, ist nicht begründet.

## Das Kochen.

Das Wasser wird durch Kochen von seiner vorübergehenden Härte befreit, die halbgebundene Kohlensäure, das Lösungsmittel der Bicarbonate der Erdalkalien, entweicht und scheiden sich die einfachen Carbonate derselben als ein im Wasser unlöslicher Niederschlag ab; in gleicher Weise fallen Eisenoxyd und Thonerde aus.

Ueber die sterilisirende Wirkung der Siedetemperatur des Wassers und über den zur Desinfektion feuchter und trockener Körper erforderlichen Hitzegrad liegen manche zum Theil widersprechende Erfahrungen vor. Der bisherige Mangel an Uebereinstimmung hat vor Jahresfrist durch die im Kaiserlichen Gesundheits-Amte ausgeführten Desinfektionsversuche (Mittheilungen 1. Bd., 1881) eine Deutung dahin erfahren, dass er im Wesentlichen nur durch die verschiedene Art der Versuchsanordnung bedingt sei, indem es verhältnissmässig lange dauere, bis die Hitze die Versuchsobjekte durchdringt und gleichmässig in denselben sich vertheilt. Es sei mit Bestimmtheit anzunehmen, dass im siedenden Wasser selbst Bacillensporen die Hitzewirkung nur wenige Minuten überstehen, wenn dafür Sorge getragen wird, dass die Temperatur von 100 ° C. auch thatsächlich auf alle Theile des Gefässinnern und die darin enthaltene Flüssigkeit einwirkt, welche Bedingung beim Sieden unter gewöhnlichen Verhältnissen häufig nicht erfüllt wird. In wieweit diese Erfahrung für alle Mikroorganismen oder nur die in genannten Versuchen angewandten (Milzbrand u. A.) Gültigkeit beanspruchen kann, ist weiteren Beobachtungen vorzubehalten.

Die Thatsache, dass selbst in den zum Theil mit grosser Sorgfalt ausgeführten Untersuchungen über Abiogenese der Glauben an

die sterilisirende Wirkung des Siedens einzelne Forscher hat irre leiten können, warnt indessen davor, das Kochen als ein für alle Fälle verlässliches Mittel zur Vernichtung von Mikroorganismen zu erachten. Von den ungeformten Fermenten weiss man, dass sie im feuchten Zustande in der Kochhitze mit Sicherheit vernichtet werden, dagegen genügt die Siedetemperatur des Wassers nicht zur Unschädlichmachung von löslichen Giften, z. B. von putriden Stoffen (vgl. F. Hueppe[2]). Selbstredend eignet sich das Kochen nicht für die Zwecke der allgemeinen Versorgung, denn es ist schon für den Bedarf im Kleinen gewöhnlich ein zu theueres Reinigungsverfahren.

## Das Destilliren.*)

Man bedient sich hauptsächlich auf Schiffen der Destillation als Mittel, um das Meerwasser geniessbar zu machen. Die dazu erforderliche Einrichtung unterscheidet sich im Princip nicht von den Destillirapparaten der Laboratorien; es wird in der Destillirblase das Wasser durch Erhitzen zur Verdampfung gebracht und der entweichende Dampf in einer Kühlröhre wieder verdichtet. Das Verfahren verlangt, wenn das Destillat ganz rein werden soll, die Beachtung gewisser Cautelen. So thut man gut daran, das Wasser nicht zu einem stürmischen Sieden zu erhitzen, weil sonst Wassertheilchen nach der Vorlage mechanisch mitgerissen werden, ferner ist das Destillat in Fraktionen aufzufangen und von diesen die erste (etwa der fünfte Theil des Wassers) wegzugiessen, weil sie die flüchtigen Bestandtheile des Wassers enthält.

Auch ist es nicht rathsam, die Destillation bis auf den Rest des Wassers in dem Apparat fortzusetzen, theils um die Destillirblase zu schonen, theils um einer Zersetzung des Rückstandes beim Trockenwerden vorzubeugen, welche eine Verunreinigung des Destillats zur Folge haben würde.

Auf Dampfschiffen lässt die Verwendung des Condensationswassers der Maschine eine besondere Destillation zum Zweck der Wasserversorgung entbehrlich erscheinen, indessen verlangt dieselbe eine specielle Reinigung des Wassers von den Fetttheilen, welche es aus Schmiermitteln der Dampfkolben aufgenommen hat; diese Läuterung geschieht durch Zusatz von Kalk und durch Filtration.

Das destillirte Wasser bedarf, um genussfähig zu werden, noch einer weiteren Behandlung, indem es mit Luft in Berührung gebracht, durch Sand oder Kohle filtrirt wird u. dgl. Die Destillation ist für

---

*) Vgl. F. Fischer, a. a. O. S. 200.

den Gebrauch der Schiffe ein sehr segensreiches Verfahren, für andere Verhältnisse würde sie zu kostspielig sein. Dieselbe reinigt das Wasser unter allen Methoden am gründlichsten.

Um aber vollständig den Anforderungen der Gesundheitspflege zu entsprechen, ist noch zu beachten, dass der Apparat aus einem Metall hergestellt sein muss, welches nicht geeignet ist, an das Destillat gesundheitsschädliche Stoffe abzugeben; daher soll z. B. die Destillirblase und das Kühlrohr immer mit einer Verzinnung von hohem Feingehalt (nicht unter 95 %) ausgekleidet sein, um einer bedenklichen Abgabe von Blei vorzubeugen.

Es liegen eine Anzahl von Beobachtungen über Bleivergiftung auf Schiffen (colique sèche) vor, welche auf die Verwendung von Destillirapparaten mit bleiernen Kühlschlangen oder mit schlecht verzinnter Destillirblase zurückgeführt sind.

## Die chemischen Verfahren.*)

Die auf eine chemische Wirkung berechneten Reinigungsmittel vollziehen entweder eine Fällung der unwillkommenen Bestandtheile des Wassers oder eine Oxydation derselben, viele haben nur die Bedeutung, dass sie einen übelen Geschmack oder Geruch des Wassers beseitigen oder auch nur verdecken.

Die den Geschmack verbessernden Mittel kommen nur für den Trinkbedarf in Frage und sind vorwiegend vegetabilischer Abstammung: Zusatz von Rothwein, Rum, Thee u. dgl.

Plinius nennt als ein zur Reinigung von ungesundem Wasser geeignetes Verfahren den Zusatz von geriebenem Pulegium (Mentha pulegium L.). In Aegypten und auch am Mississippi versetzt man das Flusswasser mit einer geringen Menge fein geriebener bitterer und süsser Mandeln und lässt es durch Absetzen sich klären; in gleicher Weise werden in der Berberei die Blätter von Nerium oleander, in Nubien Ricinussamen angewandt. In Indien ist es üblich, die Ränder der Wasserbehälter mit den Kernen der essbaren Frucht von Strychnos potatorum einzureiben, was nach und nach eine Klärung bewirken soll, aber zugleich dem Wasser einen bitteren Geschmack gibt. Auch kaut man in Afrika vor dem Trinken des Brackwassers die Gourou-Nuss.

Es ist keine Frage, dass derartige Zusätze zum Wasser unter Umständen geeignet sind, durch Fällung von gelösten Stoffen und Mitreissen von suspendirten Körperchen zur Klärung und Reinigung etwas beizutragen, aber keinesfalls darf man von denselben erwarten, dass sie mit einiger Sicherheit schädliche Stoffe aus dem Wasser entfernen. Im Grossen und Ganzen wirken sie nur in Hinsicht des Aussehens, Geschmackes und Geruches verbessernd — beziehungs-

*) Vgl. F. Fischer, a. a. O. S. 198 u. ff.

weise sie täuschen nicht selten nur eine Besserung vor, wie die Anwendung eines Parfüms in schlecht gelüfteten Wohnräumen.

Auf einige Mittel, wie Kochsalz und Kohlensäure, setzt man das Vertrauen, dass sie das organische Leben im Wasser vernichten, so ist es in manchen Gegenden üblich, in die Brunnen Kochsalz zu schütten, oder es wird zur Zeit von Epidemien das künstliche Mineralwasser (Soda oder Selters), auch wenn es aus nicht destillirtem Wasser bereitet ist, dem Brunnenwasser zum Trinkgebrauch vorgezogen, freilich ohne jedes Verständniss für die Lebenszähigkeit der Mikroorganismen beziehentlich ihrer Dauerformen.

Die Zahl der auf Fällung beruhenden chemischen Verfahren ist eine überaus grosse. Dieselben sind indessen zu gutem Theil auf die Reinigung von Abwässern oder das Weichmachen des Nutzwassers berechnet und messen sich nur in der Minderzahl auch die zur Herstellung eines guten Trinkwassers nöthigen Eigenschaften bei. Die Schwierigkeit mittelst gewisser Zusätze ein Wasser genussfähig zu machen beruht im Wesentlichen darin, dass das Wasser gleichsam als Ersatz für die ausgeschiedenen Beimengungen von dem angewandten Mittel Bestandtheile zurückhält, welche im Trinkwasser nicht oder nur in geringen Mengen vorkommen sollen. Wenn es nun auch möglich ist, derartige neue Beimengungen durch Geschick und Vorsicht in der Ausführung des Verfahrens entweder fern zu halten oder nachträglich anszuscheiden, so ist der gedachte Nachtheil doch einer ausgebreiteten Anwendung in der Praxis hinderlich, weil die zu seiner Eliminirung erforderliche sachgemässe Behandlung die Verbesserung des Wassers wesentlich vertheuert.

Als Fällungsmittel sind u. a. zu nennen Alaun und andere Thonerdesalze, Eisensalze, Gerbsäure, Soda, Kalkwasser. Keines derselben bietet eine Gewähr dafür, dass es die Mikroorganismen im Wasser mit ausfällt oder vernichtet; in gleicher Weise versprechen sie keine sichere Wirkung auf gelöste verdächtige Stoffe, welche das Wasser enthält. Sie können eher eine Beachtung für die Zwecke der Reinigung von Abwässern als für die Verbesserung eines zur Versorgung bestimmten Wassers beanspruchen. Als ein Klärungsmittel, welches die sonstige Beschaffenheit des Wassers nicht berührt, hat Frankland im Jahre 1868 den feinen Quarzschlamm aus Pochwerken bezeichnet, nach dessen Beimischung zum Wasser sich mit ihm die suspendirten Theile absetzen, sobald man das Wasser ruhig stehen lässt. Diese Art der Reinigung sollte bei den damals projektirten Londoner Wasserwerken verwerthet werden.[3)]

Zur Oxydation der im Wasser vorhandenen organischen Stoffe

wird hauptsächlich Kaliumpermanganat empfohlen. Das Verfahren ist, wenn der letzte Rest des angewandten Mittels aus dem Wasser vor dem Trinkgebrauch entfernt werden sollte, gleichfalls nicht nur ein sehr umständliches, mühesames, sondern verlangt auch Sachkenntniss und Uebung.

Eine Methode, welche aus stark verunreinigtem Wasser ein brauchbares Trinkwasser machen soll, ist z. B. die folgende von F. Schulze angegebene. Das Wasser wird mit etwas Kalkmilch und soviel Kaliumpermanganat versetzt, dass nach 15 Minuten noch eine schwach röthliche Färbung vorhanden ist. Von dem entstandenen Niederschlag wird das Wasser klar abgegossen, zur Beseitigung des überflüssigen Kalkes mit Natriumbicarbonat versetzt. Nach der Entfernung des Kalkniederschlages wird mit Salzsäure neutralisirt; die dabei frei werdende Kohlensäure soll den Geschmack verbessern.

Die Wirkung des Kaliumpermanganats ohne Erwärmen ist eine sehr unvollkommene; selbst beim Kochen in alkalischer oder saurer Lösung werden noch nicht alle organischen Stoffe oxydirt. Auch ist Kaliumpermanganat kein verlässliches Desinfektionsmittel gegenüber geformten Fermenten.

Zu den Oxydationsmitteln haben wir auch die Behandlung des Wassers mit atmosphärischer Luft zu rechnen, sie ist ein Verfahren, das schon Plinius bekannt war. Durch Schütteln mit Luft oder durch deren Einleitung nimmt das Wasser Bestandtheile derselben auf, wird schmackhafter, auch findet eine Oxydation von organischen Stoffen statt. Freilich tritt die letztere, wie Frankland[4]) experimentell dargethan hat, im Wasser allein viel langsamer ein, als wenn es im porösen Boden mit der Luft in Berührung kommt; so wurde in einer Mischung von Urin- und Tiefbrunnenwasser (1:3) durch Schütteln mit Luft deren anfänglicher Gehalt von 2,82 mg organischen Kohlenstoffs und 2,43 mg organischen Stickstoffs im Liter innerhalb 11 Tagen nur auf 2,14 mg beziehungsweise 2,76 mg herabgesetzt.

Für die Reinigung von Industrie- und Hausabwässern findet dieses Princip zum Theil mit sehr gutem Erfolg in der Weise praktische Verwendung, dass man die Schmutzwässer durch Gradirwerke oder diesen ähnliche Vorrichtungen rieseln lässt.

Zur Verringerung der Härte bedient man sich ausser dem Kochen vorwiegend eines Zusatzes von Kalkmilch, Natriumcarbonat (Soda) oder Bariumchlorid.

Die Kalkmilch führt die Bicarbonate von Calcium und Magnesium in unlösliche einfache Carbonate über und bildet mit der freien und halbgebundenen Kohlensäure neutrales Calciumcarbonat, das sich gleichfalls niederschlägt. Das Natriumcarbonat setzt sich mit dem Gyps in unlösliches Calciumcarbonat und in Natriumsulfat um, das in Lösung bleibt.

Vom Bariumchlorid wird der Gyps in Bariumsulfat, das ausfällt, und in lösliches Calciumchlorid zerlegt.

Wo das Verfahren gegen die vorübergehende und die bleibende Härte zugleich gerichtet ist, wird die Kalkmilch vermischt mit Soda oder Chlorbarium angewandt; es entscheidet im einzelnen Falle die Zusammensetzung des Wassers und die Art seines Gebrauchs darüber, welchem von den genannten Mitteln der Vorzug zu geben ist.

Für den Küchen- und Hausgebrauch hat man im Kochen und Sodazusatz das geeignetste Verfahren zur Verminderung der Härte; die Anwendung von Bariumchlorid ist hier am wenigsten angezeigt, da es zu den Giftstoffen gerechnet wird.

## Das Sedimentiren.*)

Die Ablagerung der Sinkstoffe wird, wie im Vorausgehenden wiederholt angedeutet worden ist, gewöhnlich in Verbindung mit anderen Verfahren zur Klärung des Wassers angewandt. Dieselbe setzt — umsomehr wenn sie ohne Mitwirkung von Fällungsmitteln erfolgen soll und in Folge dessen längere Zeit braucht — Bedingungen voraus, welche der fauligen Zersetzung des Wassers ungünstig sind. Am besten findet sie nur für die gröberen Sinkstoffe Anwendung, während man die feineren durch Filtration entfernt.

Die Sedimentirung hat eine Bedeutung für die Verbesserung des Wassers im Kleinen sowohl als im Grossen und kommt, wie oben bemerkt, vorwiegend bei der Flusswasserversorgung in Frage, für welche sie freilich das primitivste Verfahren ist:

Es wird das Wasser in eigens angelegte Ablagerungs- oder Klärbassins geleitet und in denselben ruhig sich selbst überlassen, bis die suspendirten Stoffe sich zu Boden geschlagen haben. Das Wasser gewinnt während dieser Behandlung nicht an Wohlgeschmack, namentlich im Sommer steht es ab und wird schal, wozu die in den Klärbassins gewöhnlich auftretenden lebhaften Vegetationen von niederen Pflanzen auch ihr Theil beitragen. Es ist nicht rathsam, die Ablagerungszeit (absolute Ruhezeit) über 36 Stunden auszudehnen.

Man zieht es bei der allgemeinen Wasserversorgung seit lange schon vor, die Ablagerung nur zur Vorbereitung des Wassers für die künstliche Filtration zu benutzen, um die gröberen Sinkstoffe behufs Schonung der Filter zuvor zu beseitigen; nur wenn das Wasser für specielle Verwendungszwecke bestimmt ist, welche geringere Anforderungen an die Reinheit stellen, wird die Ablagerung genügen.

---

*) Vgl. König-Poppe[5]), H. Gill u. A. Fölsch[6]).

Die Klärbassins, welchen man 2 m bis 4 m Nutztiefe geben kann, werden entweder einfach als Teiche mit Erdböschungen oder als gemauerte Behälter hergestellt. Es ist zweckmässig, die Sohle und die Böschungen zu pflastern, wodurch die Bildung von Vegetationen etwas hintangehalten und die von Zeit zu Zeit erforderliche Reinigung erleichtert wird. Wenn dieselben gleichzeitig als Vorrathsbassins dienen sollen, sind sie entsprechend grösser anzulegen. Die Klärbassins, welche zur Entlastung von Filtern bestimmt sind, sollen so gross sein, dass sie das Wasser für einen ein- bis zweitägigen Bedarf fassen können.

## Das Filtriren.

Für die Filtration hat die Natur in dem Läuterungsprocess, der sich an dem versickernden Meteorwasser im Boden vollzieht, ein der Nachahmung werthes Vorbild gegeben und zugleich für die Anordnung und Ausführung des Verfahrens die geeigneten Gesichtspunkte in jenen Bedingungen vorgezeichnet, unter welchen die Reinigung des Wassers im Boden am vollkommensten erreicht wird.

Das Filter soll vor allen Dingen so beschaffen sein, dass es nicht selbst an das durchtretende Wasser gegen die Verunreinigungen, welche es ihm entzieht, andere abgibt. Es ist daher nicht nur auf die Reinlichkeit und Unlöslichkeit des Filtermaterials zu achten, sondern auch die Einrichtung zu treffen, dass die vom Filter zurückgehaltenen Stoffe wieder entfernt werden können; die letztere Forderung ist nicht minder dadurch angezeigt, dass die Poren des Filters sich mit der Zeit, je nach der Beschaffenheit des Wassers in kürzerer oder längerer Frist mit Schlammtheilchen verstopfen.

### *Die Filtration im Grossen.**)

Für grössere Anlagen wird als Filtermaterial gewöhnlich guter, von anhaftender Erde rein gewaschener Sand und Kies benutzt. Andere Filtermaterialien, wie pulverisirte Holzkohle, plastische Kohle, poröse Steine u. dgl., die sich im Kleinbetriebe recht gut bewähren, sind für die Filtration im Grossen wenig oder gar nicht geeignet.

Man legt die Filter für Wasserwerke in Behältern an, welche wasserdicht gemauerte Wandungen oder gepflasterte Erdböschungen und Böden haben; senkrechte Einfassungsmauern sind vortheilhafter als geneigte Böschungen. In diese sog. Filterbassins wird schichtenweise das Filtermaterial, das gröbere unten, das feinere darüber eingelagert, sodass das Filterbett etwas über die halbe Höhe des Bassins einnimmt. Unter dem Filter im Boden des Bassins ist ein Abzugs-

*) Vgl. König-Poppe[5]) a. a. O. S. 211, H. Gill u. A. Fölsch[6]).

kanal angebracht, der das filtrirte Wasser nach dem Reinwasser-Reservoir führt, aus welchem die Entnahme für die Leitung erfolgt.

Zum Schutz gegen das Eingefrieren werden die Filter an Orten mit rauhem Klima überwölbt.

Anstatt dieser Filter mit übereinander liegenden Schichten hat man auch Filter angelegt, bei welchen die Filterschichten nebeneinander gereiht sind, wodurch die Erneuerung des Filters weniger oft nöthig werden soll. Diese sog. Gravitations-Filtrirmethode, die in der Anlage theurer ist, hat in der Praxis nicht weitere Aufnahme gefunden.

Das Filtermaterial wird nach König-Poppe in der Weise vorbereitet, dass man es sorgfältig rein wäscht und mittelst Wurfsieben von verschiedener Maschenweite sortirt.

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Sorte, | Kies | so | gross | wie | eine Aprikose, | grösser | als | 60 | mm |
| 2. | " | " | " | " | " | kleine Aepfel, | " | " | 45 | " |
| 3. | " | " | " | " | " | eine Wallnuss, | " | " | 30 | " |
| 4. | " | " | " | " | " | " Haselnuss, | " | " | 15 | " |
| 5. | " | " | " | " | " | Erbsen, | " | " | 7,5 | " |
| 6. | " | " | " | " | " | Hanfsamen, | " | " | 4 | " |
| 7. | " | Sand*) | " | " | " | Leinsamen, | " | " | 2 | " |

Der Sand bildet die eigentliche filtrirende Schicht; je gleichmässiger im Korn und je feiner man denselben nimmt, desto vollkommener wird die Filtration des Wassers, aber bei feinerem Korn nützt sich das Filter auch um so rascher ab und wachsen die Kosten. Wie der Boden eine vollkommene Läuterung nur dann bewirkt, wenn das Wasser eine längere Strecke in ihm zurücklegt und die Berührungsdauer keine zu kurze ist, bedarf das Filter einer gewissen Mächtigkeit und ist der Wasserdruck so zu reguliren, dass die Geschwindigkeit sich gleichmässig innerhalb der entsprechenden Schranken hält. Eine Mässigung des Wasserdrucks ist indessen ohnehin erforderlich, um sowohl ein Durchpressen der Schlammtheilchen durch die Poren des Filters als auch ein Fortspülen der von früher schon abgelagerten ungelösten Wasserbestandtheile zu verhüten.

Es ist üblich, dem Filter zum mindesten eine Gesammtmächtigkeit von 1,5 m zu geben, wovon auf die eigentliche filtrirende Sandschicht 0,5 bis 1 m entfallen; die übrigen Schichten werden 10 bis 15 cm stark angelegt.

Die Mächtigkeit des Filters hat auch für die Temperatur des Wassers eine Bedeutung, insofern dieselbe mit der Tiefe des Bassins sich mehr der gestellten Anforderung in Hinsicht der Gleichmässigkeit und Frische nähert. In gleicher Weise soll dieselbe den Vor-

*) Gill u. Fölsch verlangen für die Filter der Hamburger Stadtwasserkunst als Korngrösse des Sandes 1,5 mm im Maximum.

theil bieten, dass nicht so leicht in den Filterschichten Vegetationen überhand nehmen.

Die Filter soll man nicht zu gross anlegen und ihnen eine grössere Flächenausdehnung als 3600 qm nutzbare Sandfläche nicht geben.

Die Filtrirgeschwindigkeit hängt von mehreren Faktoren ab und zwar einestheils von der Druckhöhe, beziehungsweise dem Unterschied in der Höhe des Wasserspiegels über dem Filter (des sogenannten Oberwasserspiegels) und des Ausflusses im Reinwasserbassin, anderentheils von der Durchlässigkeit des Filters und dem Grade der Verunreinigung des zu filtrirenden Wassers, insofern stärker verunreinigtes Wasser, namentlich wenn es fein zertheilten Thon enthält, langsamer filtrirt werden muss, um rein zu werden.

Die Geschwindigkeit wird regulirt durch Aenderungen im Druck, indem man entweder dem Wasser über der obersten Filterschicht einen hohen oder niedrigen Stand gibt oder die Einmündung im Reinwasserbassin an tiefer oder hoher Stelle erfolgen lässt. Das letztere ist durch die Einrichtung einer sogenannten Aequilibriumsröhre im Reinwasserbassin ermöglicht, welche eine Ausflussmündung unterhalb des Niveaus der Bodenfläche des Filterbassins und eine zweite etwa 0,3 m unter dem Niveau des Oberwasserspiegels hat, die durch eine Ventilvorrichtung nach Belieben geöffnet oder verschlossen werden können. Als mittlere Geschwindigkeit kann man 0,15 m per Stunde annehmen, bei sehr trübem Wasser darf dieselbe höchstens 0,08 bis 0,1 m per Stunde betragen, jedoch bei reinerem Wasser bis zu 0,25 m per Stunde gesteigert werden.

Da die Leistung des Filters (Q) sich berechnet aus dem Produkte von Filtrirgeschwindigkeit (v) und Filterfläche (F), so würden wir vom Quadratmeter Filterfläche in 24 Stunden als filtrirtes Wasserquantum erwarten können:

| | |
|---|---|
| bei sehr trübem Wasser | 1,9 cbm |
| bei wenig verunreinigtem Wasser | 6,0 „ |
| unter mittleren Verhältnissen*) | 3,6 „ |

Ueber die Leistung der Filter zur Zeit des Maximal-Verbrauchs der Sommertage haben Gill und Fölsch an den zur Filtration von Elbwasser angelegten Wasserwerken zu Altona und Magdeburg direkte Beobachtungen gemacht und dieselbe in Altona zu 2 bis 2,6, in Magdeburg aber bei normalem Sommerbetriebe zu 2,4 cbm per qm in 24 Stunden gefunden.

Diese Begrenzung der Filtrirgeschwindigkeit gibt die Grundlage zur Berechnung des Bedarfs an Filterfläche. Um nicht zu grosse Anforderungen in letzterer Hinsicht zu stellen, ist es rathsam Klär-

*) Salbach[7]) rechnet 2 bis 3 cbm.

bassins anzulegen, in welchen während der Regenzeit, in der das Flusswasser besonders trübe ist, das Wasser zur Filtration vorbereitet wird.

Da mit der Dauer der Benutzung die Filterporen von den Ablagerungen allmählich verlegt werden, muss der Oberwasserstand behufs Steigerung des Drucks mit der Zeit mehr und mehr erhöht werden, jedoch gilt es als unzulässig, damit höher als 1,1 m zu gehen und ist das Filter sobald diese Grenze erreicht wird, behufs Reinigung ausser Betrieb zu setzen.

In Hinsicht der Dauer, während welcher ein Filter brauchbar bleibt, lässt sich nichts Bestimmtes angeben, da dieselbe vom wechselnden Grade der Verunreinigung des zu filtrirenden Wassers abhängt. Erfahrungsgemäss hält sich das Filter, falls das Wasser einigermaassen klar ist, monatelang, verlangt dagegen nach wenigen Tagen schon eine Reinigung, wenn das zu filtrirende Flusswasser nach starken Regengüssen erhebliche Mengen von Schlammtheilen und erdigen Beimengungen führt.

Da sich die Ablagerung hauptsächlich in der obersten Schicht vollzieht und die Verunreinigung der Filters nicht tiefer als 3 bis höchstens 5 cm reicht, beruht das Verfahren der Reinigung lediglich darauf, dass man diese verschlammte Schicht abträgt und wieder erneuert; dazu kann das nämliche Material, nachdem es sorgfältig ausgewaschen ist, wieder verwendet werden. Auch hat man zur Reinigung der Filter ein Verfahren, welches das Abtragen der obersten Schicht nicht verlangt: Man lässt einfach das Wasser durch das Filter in entgegengesetzter Richtung aufsteigen und spült so die Ablagerungen aus den Poren wieder heraus.

Der Frage nach der Wirkung der Filtration[6] sind eine Reihe, zum Theil sehr eingehender und vorzüglicher experimenteller Arbeiten gewidmet worden und kann es als eine unumstössliche Thatsache erachtet werden, dass man von dem Filtriren des Wassers mehr erwarten kann als ein blosses Abseihen der nicht gelösten Bestandtheile. Man weiss insbesondere durch die Beobachtungen der englichen Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung (VI. Report S. 217 u. ff.), dass das Wasser bei der Filtration durch Sand, wie dieselbe in grossen Wasserwerken üblich ist, sowohl geklärt wird, als auch einen Theil seiner gelösten organischen Stoffe abgibt.

Frankland[4] (a. a. O. S. 68 u. ff.) erwähnt folgendes Beispiel der Wirkung, welche die Filtration auf Flusswasser, auf das Themsewasser der Chelsea Company äusserte. Das Wasser ist selbst nach dem Absetzen noch schwach getrübt, nach dem Filtriren dagegen ist es klar und durch-

sichtig; Proben, welche vor und nach dem Filtriren entnommen wurden, enthielten den folgenden Bestand an organischen Elementen (mg i. l)

| | org. Kohlenstoff | org. Stickstoff |
|---|---|---|
| vor dem Filtriren | 3,25 | 0,46 |
| nach dem Filtriren | 2,58 | 0,32. |

Dieser Mittheilung fügt Frankland die Bemerkung bei, dass Filtration durch eine 2 m dicke Schicht gewöhnlichen porösen Bodens bei weitem wirksamer ist als die gedachte Sandfiltration, wenn das Durchfliessen nach je sechs Stunden unterbrochen und der Luft Zutritt zu den Poren des Bodens (durch vollständige Entleerung der Filter bis zur Sohle) gestattet wird. Ein solcher intermittirender Filtrationsprocess, durch welchen die sämmtlichen Sielwasser der Stadt Merthyr Tydfil gereinigt werden, gibt beispielsweise folgendes Resultat (mg i. l)

| Sielwasser nach der Fällung mit Kalk | gelöster | | suspendirte | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | organ. Kohlenstoff | organ. Stickstoff | organ. Materie | mineral. Materie | Gesammtgehalt |
| vor dem Filtriren . . . . | 12,82 | 9,52 | 65,6 | 78,8 | 144,4 |
| nach dem Filtriren . . . | 1,23 | 0,31 | Spur | Spur | Spur |

Diese Wirkung wird in Hinsicht der Reinigung von organischer Materie verhältnissmässig eine vollständigere sein, wo die Boden- und Gesteinsschicht, durch welche das Wasser sickert, eine grössere Dicke hat. So verändert sich Drainirwasser von kultivirtem Land nach dem Durchgang durch eine 80 m dicke Kreideschicht (Themsebassin):

| | org. Kohlenstoff | org. Stickstoff |
|---|---|---|
| vor dem Durchsickern (Drainirwasser) | 8,15 mg | 1,21 mg |
| nach dem Durchsickern (Tiefbrunnenwasser) | 0,27 „ | 0,06 „ |

Zwischen dem vollendeten Processe der erschöpfenden natürlichen Filtration, welche die Wässer auf ihrem Niedergang von der beschmutzten Erdoberfläche zu den Quellen und Tiefbrunnen erfahren und einer Filtration durch eine wenige Fuss dicke Sandschicht ist aber ein grosser Unterschied, gleichwohl ist selbst diese unvollkommene Behandlung von bemerkenswerthem wohlthätigen Einfluss (Frankland).

Wenn wir die von der englischen Commission mitgetheilten Beobachtungen über die von den Londoner Wassergesellschaften gelieferten filtrirten Wässer überblicken, tritt uns nicht allein die Thatsache entgegen, dass die Abnahme der organischen Stoffe eine ungleichmässige ist, sondern dass selbst in Hinsicht der Klärung des Wassers die Filter nicht selten zu wünschen übrig lassen, auch ist es eine bekannte Erfahrung, dass das Wasser beim Filtriren noch eine geringe Zunahme an löslichen Stoffen erfährt. Für eine Verminderung des Gehaltes an organischen Stoffen durch Oxydation (Nitrification) wird

das Wasser naturgemäss eine Vermehrung des Salpetersäuregehaltes erleiden können, überdies kann es auch aus dem reingewaschenen Filtersand geringe Mengen von mineralischen Körpern lösen.

In Hinsicht der Frage, ob die Filter in zuverlässiger Weise die im Wasser enthaltenen Mikroorganismen zurückhalten, sind die Beobachter in der Mehrzahl zu der Ueberzeugung gelangt, dass dieses nicht der Fall ist. Es gilt aber diese Erfahrung nicht sowohl von der Sandfiltration, sondern überhaupt von allen Filtrationsverfahren. Auch geben sie für die Vernichtung gelöster, verdächtiger oder gesundheitsschädlicher Stoffe z. B. des putriden Giftes, keine Gewähr.

Man hat wiederholt vorgeschlagen den Effekt der Sandfiltration durch gleichzeitige Anwendung von chemischen Agentien zu steigern und damit die Filtrirzeit zu kürzen. Ein solches Verfahren ist von Gerson vorgeschlagen worden, welches darin besteht, dass das Wasser zuerst sehr rasch durch mit Eisen imprägnirte Schwämme, Sand und andere Materialien filtrirt und hierauf gleichfalls ziemlich rasch einer Nachfiltration unterworfen wird. Nach Gill und Fölsch sind Apparate dieser Art für die Central-Versorgung einer grossen Stadt durchaus ungeeignet, „sie gehören entschieden zu dem Kleingewerbe des Filtrations-Verfahrens“.

### *Die Filtration im Kleinen.**)

Es erübrigt, hier noch der vielen Verfahren und Apparate zu gedenken, welche für den kleinen Betrieb, den Hausbedarf und die Gewerbe, für den Gebrauch des Einzelnen (Soldaten, Touristen) empfohlen worden sind. Dieselben haben auch für Orte eine Bedeutung, deren Wasserwerke die Filtration im Grossen ausführen, wenn die letztere in ihrer Wirkung zeitweise nicht vollkommen befriedigt. In Berlin und Leipzig leisten sie z. B. gute Dienste zur Beseitigung der durch Abscheidung von Eisen bedingten Trübungen des Wassers.

Als Filtermaterial für solche sogenannten Hausfilter wird ausser dem bei der Filtration im Grossen gebräuchlichen auch angewandt: Kohle (Thierkohle, Holzkohle, plastische Kohle), natürliche und künstliche poröse Steine (grès filtrant), Eisenschwamm, Schafwolle und Baumwolle (Gewebe, Filzabfälle, getränkt mit Chemikalien z. B. Gerbsäure, Alaun, Eisensalzen), Seeschwämme u. s. w. Von diesen verdienen nur die Kohle (besonders die Thierkohle) und der Eisenschwamm, höchstens noch die porösen Steine, eine Empfehlung; die übrigen Filtermaterialien neigen zur Fäulniss.

Wie bei der Sandfiltration und ihrem Vorbilde, der selbstthätigen Filtration im Boden, ist auch hier der Erfolg an gewisse Bedingungen geknüpft. So nimmt derselbe umsomehr ab, als die Verunreinigung

---

*) Vgl. F. Fischer[1]), B. Salbach[7]).

im Wasser concentrirt ist und wächst je nach der Mitwirkung der Luft (intermittirende Filtration), der Dauer der Berührung von Wasser und Filter, der Dicke der Filterschicht.

In Folge dieser Abhängigkeit von mehreren Faktoren muss je nach der Art der Ausführung der auf den Nachweis der Wirksamkeit eines Filters gerichteten Versuche, je nach der Dauer der Berührung u. s. w. das Ergebniss verschieden ausfallen. Es darf daher nicht befremden, wenn von einer Seite gepriesen wird, was ein anderer nicht minder glaubwürdiger Beobachter tadelt.

Jedenfalls geht aus den Widersprüchen in den Urtheilen über den Werth der Hausfilter die Thatsache hervor, dass man kein Filter besitzt, welches nicht eine aufmerksame Ueberwachung verlangt, um zu verhüten, dass das Wasser durch das Filtriren nicht verschlechtert wird. Vor allen Dingen ist darauf zu achten, dass die Filter häufig gereinigt und eventuell gelüftet werden. Wie oft diese Reinigung erforderlich ist, lässt sich nicht im Allgemeinen sagen, da das Bedürfniss je nach dem Zustand des Wassers früher oder später hervortritt.

Die Kohle wird entweder in zertheiltem Zustande oder auch gepresst als sog. plastische Kohle zur Herstellung von Filtrirapparaten angewandt.

Der Eisenschwamm ist ein poröses, nur aus Eisen bestehendes Material, das nach einem Verfahren von G. Bischof durch Reduktion von Hämatit mit Kohle bei möglichst niedriger Temperatur gewonnen wird.

Die Construction der Filtrirapparate ist eine überaus mannigfaltige, bald sind dieselben dazu bestimmt, in die Wasserleitung eingeschaltet oder mit den Auslässen direkt durch Verschraubung oder vermittelst kleiner Behälter mit Schwimmervorrichtung verbunden zu werden, bald werden sie im Brunnenschacht am Saugrohr der Pumpe angebracht, bald sollen sie das in Behältern befindliche Wasser filtriren. Dementsprechend wirkt der Apparat durch Pressen oder durch Saugen, bald mit hohem, bald mit geringem Druck.

Die einfachsten Kohlenfilter für das Haus und für einzelne Personen sind die aus plastischer Kohle gefertigten, deren Filtrirkörper mit einem Gummischlauche verbunden ist; die Kohle wird in den das Wasser enthaltenden Behälter gelegt, die Luft aus dem Filter und Schlauche ausgesaugt, alsdann der Schlauch über den Rand des Behälters frei herabhängen und in ein Gefäss münden gelassen, welches das durch Heberwirkung nun ablaufende Wasser aufnimmt.

Solche Filter können dadurch gereinigt werden, dass man nach ihrem

Gebrauch durch Einblasen von Luft in den Schlauch die Schlammtheilchen aus den Poren austreibt; als zweckdienlich wird auch das Waschen mit Kaliumpermanganat und, freilich als letztes Mittel, das Abfeilen der filtrirenden Fläche empfohlen.

Die Eisenschwammfilter in der von G. Bischof angegebenen Form stellen etwas complicirte Apparate dar, in welchen für eine nach Raum und Zeit möglichst grosse Berührung des Wassers mit dem Filtermaterial Sorge getragen ist. Ausser Eisenschwamm werden dabei auch noch Schichten von Sand und Braunstein angewandt. Der Eisenschwamm darf im Apparat nie trocken gelegt werden, weil er sonst durch Rostbildung unbrauchbar würde; es wirkt daher nur der gelöste Sauerstoff, den das Wasser selbst mitbringt, hier oxydirend.

Im Widerspruch mit Wigner[9] und Bischof[10] hat L. Lewin[9] nachgewiesen, dass die Eisenschwammfilter Fäulnissbakterien durchlassen, und überhaupt nicht die von anderer Seite gerühmte Wirkungsfähigkeit bestätigen können.

---

**Literatur.** 1) F. Fischer, Die chemische Technologie d. Wassers. Braunschweig 1878/80. — 2) F. Hueppe, Ueber die Hitze als Desinfektionsmittel. Deut. Militärärztl. Zeitschr. 1882. — 3) Deut. Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1869. I. S. 107. — 4) E. Frankland, Ueber Trinkwasser, in A. W. Hofmann's Bericht über die Entwickelung der chemischen Industrie. 1. Hälfte. Braunschweig 1875. S. 68. — 5) F. König, Anlage u. Ausführung von Wasserleitungen u. Wasserwerken. 2. Aufl. von L. Poppe. Leipzig 1878. S. 206 u. 221. — 6) H. Gill und A. Fölsch, Gutachten über das Projekt d. Filtration zur Hamburger Stadtwasserkunst. März 1881. — 7) B. Salbach, Wasserversorgung der Gebäude. Handbuch d. Architektur. 4. Bd. Darmstadt 1881. S. 279. — 8) J. P. Kirkwood, Die Filtration des Flusswassers zur Versorgung d. Städte. Deutsch v. A. Samuelson. Hamburg 1876; E. Grahn u. F. A. Meyer, Reisebericht d. Hamburger Commission über künstliche centrale Sandfiltration zur Wasserversorgung von Städten und über Filtration im kleinen Maassstabe. Hamburg 1877; W. R. Nichols, On the filtration of potable water. Boston 1878; C. Piefke, Mittheilungen über natürliche u. künstliche Sandfiltration. Berlin 1881; F. Wibel, Die Fluss- und Bodenwässer Hamburgs. Hamburg 1876 und Fortsetzung 1877. — 9) The Engineer. 1879. 22. — 10) Dingler's polyt. Journ. 210, 49; 227, 73; Zeitschr. f. Biologie 1879. XV. S. 479. — 11) Zeitschr. f. Biologie 1878. XIV. S. 483.

---

## ACHTES CAPITEL.

# Die Zuleitung und Vertheilung des Wassers.

### Die Zuführung zum Verbrauchsort.*)

Für die centrale Versorgung wird das Wasser von der Stelle der Entnahme nach dem Bestimmungsorte geleitet und dort, sei es

*) Vgl. König-Poppe[1]) S. 89; E. Schmitt[2]) S. 96.

mit oder ohne Einschaltung eines Reservoirs an das Röhrennetz abgegeben, welches die Vertheilung an die einzelnen Verbrauchsstellen übernimmt.

Diese Zuführung kann, wenn die Bezugsquelle hinreichend hoch über dem Bestimmungsorte liegt, mittelst natürlichen Gefälles in gemauerten Kanälen, Rohrkanälen oder Röhrenleitungen geschehen, durch welche das Wasser in das Hochreservoir fliesst (Gravitationsleitung).

Im anderen Falle wird eine Hebungsanlage erforderlich, von welcher aus das Wasser entweder mit natürlichem Gefälle nach dem zu versorgenden Ort geleitet oder mit direktem durch Maschinenkraft erzeugten Druck befördert wird (Hochdruckleitung). Die Versorgung unter Hochdruck kann nur in geschlossener Röhrenleitung (Druck- oder Steigrohr) geschehen, an welche entweder direkt das Röhrennetz sich anschliesst oder unter Vermittelung eines Reservoirs (Wasserthürmchen oder Hochreservoir).

Das Wasserthürmchen ist ein auf hohem Unterbau stehendes kleines Reservoir mit Ueberlauf, von welchem aus das vom Druckrohr zugeführte Wasser durch die sog. Fallröhre nach dem Rohrnetz abfliesst.

Für die Einschaltung von Wasserthürmchen lag früher, bevor man bessere und einfachere Mittel kannte, ein Bedürfniss vor, indem denselben die Aufgabe zufiel, eine übermässige Steigerung des Druckes, welche in dem Rohrnetz beim zeitweiligen Nachlassen des Consums auftritt, sowie starke Druckschwankungen in Folge von Unregelmässigkeiten in der Funktion der Druckpumpen auszugleichen. Heutzutage versieht man zum gleichen Zweck die Druckpumpe mit grossen Windkesseln und rüstet die Druckröhre mit einem Sicherheitsventil aus, welches selbstthätig sich öffnet und Wasser ausfliessen lässt, sobald die Pumpen mehr Wasser fördern als der Bedarf ist.

Der Wasserverbrauch zeigt nicht sowohl in den verschiedenen Jahreszeiten als auch je nach Tagesstunden und Wochentagen grosse Schwankungen. Um dem zu Zeiten auftretenden stärkeren Bedarf zu genügen, muss entweder das Wasserwerk so leistungsfähig sein, dass es das Maximum an Wasser regelmässig zuführt, beziehungsweise im Bedarfsfalle ohne Störung im Bezug liefern kann, oder es ist die Anlage grosser Reservoire erforderlich (Hochreservoir, Reinwasserbassin), in welchen der Ueberschuss aus den Tageszeiten mit geringerem Verbrauch für die anderen mit hohem Bedarf aufgespeichert wird.

Bei der Hochdruckleitung ist das Wasserwerk mitunter durch die oben erwähnte Einrichtung — Pumpen mit Windkessel, selbstthätige Ventile und andere Regulirvorrichtungen — im Stande, das Wasser direkt, unter Vermeidung der Magazinirung, an die einzelnen

Verbrauchsstellen zu liefern, ohne der Besorgniss Raum zu geben, dass mit der Abnahme des Consums ein nachtheiliger Ueberdruck in der Leitung oder in der Zeit des gesteigerten Bedarfs ein Wassermangel für die Abnehmer eintreten könnte. Ein derartig angelegtes Wasserwerk kann aber, wenn der Ueberschuss unverwerthet abfliesst, unter erheblichen Verlusten an Wasser arbeiten, welche dem Unternehmer je nach der Betriebskraft der Wasserhebungsmaschine mehr oder weniger theuer zu stehen kommen. Man wird sonach auch bei Projektirung von Druckleitungen die Anlage von Reservoiren in Erwägung zu ziehen haben oder wenigstens die Thätigkeit des Pumpwerkes nach Maassgabe der stündlichen Schwankungen im Verbrauch reguliren müssen.

Die Hochreservoire leisten zudem für Löschzwecke vorzügliche Dienste, indem sie grosse Wassermassen zu Gebote stellen, welche mittelst an die Hydranten angeschraubter Schläuche ohne Weiteres zur Bewältigung der Feuersgefahr dienen können.

In den modernen Wasserleitungen herrscht meistens ein Druck von 3 bis 6 Atmosphären, selten mehr als 6 bis 8 Atmosphären (Salbach[3]).

Das Wasser wird bisweilen aus weiter Entfernung zugeleitet und zeichnen sich insbesondere manche Quellwasserleitungen durch eine beträchtliche Länge aus. Die Entfernung der Quellen vom Bestimmungsort beträgt z. B. für Danzig 20 km, Altenburg 25 km, Gotha 33 km, München (Mangfallprojekt) 40 km, Frankfurt a/M. 82 km, Wien 97 km.

Die Wasserleitungen der Stadt Paris sind besonders lang, die Leitung von der Dhuis fast 131 km, die von der Vanne 173 km; dieselben übertreffen an Länge sogar die 9 Aquädukte des alten Rom (bis 39 v. Chr.), welche zwischen 19,5 und 100,6 km lang waren.

Man hat sich zu fragen, ob nicht das Wasser, wenn es einen so langen Weg zurücklegen muss, in seiner Temperatur Aenderungen erfährt, welche es zeitweise entwerthen. Es liegen zur Beurtheilung dieses Punktes in der Literatur mehrere Angaben über sorgsame Temperaturbeobachtungen vor, deren Ergebniss ein wider Erwarten günstiges war.

So fand Kerner die Temperatur des Wassers der Frankfurter Leitung, das von den Quellen im Vogelberg und Spessart bis zum Hochbehälter in Frankfurt etwa 22 Stunden unterwegs ist, in den heissesten Tagen des Jahres 1875

| | | |
|---|---|---|
| an den entferntesten Quellen (Fischborn) zu | 9° | C. |
| beim Einlauf in den Hochbehälter | » 10 | » |
| beim Einlauf in den Gegenbehälter | » 12,75 | » |

Um zum Gegenbehälter zu gelangen, legt das Wasser im Stadtrohrnetz noch einen Weg von etwa 6000 m zurück.[4)]

Erfahrungen dieser Art berechtigen zur Annahme, dass in einer richtig gelegten Leitung das Wasser bei seinem Laufe von der Bezugsquelle bis zum Bestimmungsort weder im Winter zu kalt noch im Sommer zu warm wird.

Eine erhebliche Temperaturveränderung erfährt das Wasser dagegen im Stadtrohrnetz und namentlich in den Hausleitungen, was auch obige Beobachtung von Kerner erkennen lässt. Krieger[5)] bestimmte in den Nachmittagsstunden eines mässig warmen Tages die Temperatur des Wassers im Karlsruher Gegenreservoir sogar zu beinahe 18° C.

## *Die Leitungen.*

Das Leitungsmaterial soll so beschaffen sein, dass es dem Wasser weder schädliche noch unangenehme Eigenschaften ertheilt, dass es weder vom Wasser noch von äusseren Einflüssen angegriffen wird, dass es vollkommen dicht und gegen inneren und äusseren Druck widerstandsfähig ist.

### a) Gemauerte Kanäle.

Die gemauerten Kanäle werden mit kreisrundem oder eiförmigem Querschnitt am häufigsten aus Ziegelsteinen hergestellt, die mit hydraulischem Mörtel wasserdicht gemauert und aussen zum Schutz gegen das Eindringen von Grund- und Tagewasser verputzt sind. Das Innere erhält einen glatten Cementverputz.

In gleicher Weise werden auch Kanäle aus Bruchsteinmauerwerk gebaut, welche innen mit einer Ziegelschicht verblendet sind.

Um etwaige Beschädigungen leicht entdecken, eine Reparatur oder Reinigung vornehmen zu können, müssen die Kanäle wenigstens doch so gross angelegt werden, dass sie noch schliefbar sind. Für den gleichen Zweck gibt man ihnen in Entfernungen von 300 m Einsteigschächte und Ablasskanäle. Längere Leitungen machen auch die Anlage von Ventilationsröhren (Ventilationsthürmchen) von etwa 1500 bis 2000 m Abstand erforderlich, welche gleichzeitig zur Controle des Wasserstandes dienen können (Eichthürmchen).

Die Kanäle führt man durch Berge mittelst Tunnels und über Thäler mittelst Brückenanlagen (Aquädukte der Alten).

Bei Thälern über 15 m Höhe gilt es, schon wegen der geringen Kosten, als rationeller, anstatt der Ueberbrückung eiserne Röhren,

sog. Heberrohre oder Siphons, in den Kanal einzuschalten, welche dem Thalprofil folgend, in den Boden der beiden Abhänge und der Sohle des Thales gelegt werden.

Der eine Schenkel dieses Hebers, der das Wasser wieder nach aufwärts leitet, ist etwas kürzer als der andere, so dass der Auslauf tiefer als der Einlauf liegt und zwar um soviel, als die zur Ueberwindung des Reibungswiderstandes in der Leitung erforderliche Druckhöhe beträgt.

Ablenkungen aus der vertikalen Richtung, die unter Anwendung von besonderen Bogenröhren ausgeführt werden, dürfen nur in möglichst sanften Krümmungen geschehen, bei einer wellenförmigen Anordnung der Leitung werden auf den Scheitelpunkten des Rohrstranges Lufthähne angebracht, um die sich ansammelnde Luft von Zeit zu Zeit ablassen zu können.

An ihrem tiefsten Punkte erhält die Heberröhre eine Ablassvorrichtung, mittelst welcher das Wasser entleert werden kann.

Gegen Temperatureinflüsse werden die Kanäle dadurch geschützt, dass man sie in den Boden verlegt. Wo dies nur bis zu einer geringen Tiefe geschehen kann, sind Erddämme von mindestens 0,8 m über dem Gewölbescheitel aufzuwerfen.

Leitungen aus gemauerten Kanälen sind solider und sichern eher einen ungehinderten Betrieb als Rohrkanäle, aber auch theuerer und weniger rasch herzustellen. Sie sind im Allgemeinen den Druckrohrleitungen vorzuziehen, wo das Wasser aus grosser Entfernung und in bedeutender Menge herzuleiten ist.

### b) Rohrkanäle.

Die Rohrkanäle stellt man aus einzelnen kurzen Cement- oder Thonröhren her, welche für Leitungszwecke eigens fabricirt werden. Gewöhnlich haben dieselben ein kreisrundes Profil, die Cementröhren mitunter auch einen eiförmigen Querschnitt.

Für Leitungen, welche ein grosses Wasserquantum führen sollen, sind Rohrkanäle weniger geeignet, weil die Röhren nicht so weit und stark geliefert werden. Auch ist ihre Anwendung deshalb eine beschränkte, weil sie einen stärkeren inneren oder äusseren Druck nicht aushalten. Um sie gegen letzteren zu schützen, legt man sie mindestens 1,5 m tief in den Boden.

Zur Verhütung des Temperatureinflusses wird für Thonröhren 1,5 m Erdüberdeckung verlangt.

Die Cementröhren (Betonröhren) sind aus einem mit Wasser angerührten Gemenge von Cement und Sand oder Kies gegossen.

Beim Legen werden die mit einem Falz versehenen Enden unter Anwendung eines dünnen Cementmörtels nach vorheriger Befeuchtung

zusammengefügt und wird auf die Stossfuge noch ein Wulst von Cementmörtel aufgetragen.

Wo es vortheilhaft erscheint, eine weniger starre Verbindung der Röhre herzustellen, bei welcher der Rohrstrang den Erschütterungen des Bodens nachgeben kann, wird anstatt des Cementmörtels ein Kitt aus ungelöschtem Kalk und Steinkohlentheer angewandt und dieser mit Hanfstricken und einem eisernen Ring um die Stossfuge gelegt.

Die Meinung, dass das Wasser beim Durchfliessen von Cementröhren Kalk aufnehme und härter werde, hat sich als nicht begründet erwiesen.

Die Thonröhren (Thon-, Steingut- oder Porcellanröhren) sind durch Pressen eines Gemenges von Thon, Sand und Kalkmergel angefertigt, werden gebrannt und glasirt. Sie haben Muffen zur Verbindung, welche beim Legen entweder mit einem nicht treibenden Cement, mit Letten oder mit einem Harzkitt verdichtet werden.

Um einem zufälligen Auftreten von bedrohlichen Stauungen in den Rohrkanälen vorzubeugen, werden von Strecke zu Strecke kleine gemauerte Behälter, Ueberlaufkammern, eingeschaltet, aus welchen das gestaute Wasser durch Ueberlauf einen Ausweg findet; dieselben erfüllen zugleich den Zweck von Ventilationsschächten. Die Abstände ergeben sich aus dem Gefälle, indem der Höhenunterschied zwischen zwei Kammern nicht über 4 m betragen darf.

## c) Röhrenleitungen.

Für Röhrenleitungen dienen als Material vorzugsweise Röhren aus Gusseisen, welche nach Salbach (a. a. O. S. 85) bei einem Probedruck von 12 Atmosphären unter gleichzeitigem Hämmern der Röhre mit eisernen Hämmern von 0,5 bis 1,5 kg Gewicht geprüft sein sollen.

Die Eisenröhren*) zeichnen sich durch eine grosse absolute und relative Festigkeit aus, sind leicht zu verbinden und in jeder für Anschlüsse und Abzweigungen wünschenswerthen Form zu giessen (Façonstücke).

Die Erfahrungen hinsichtlich der Dauerhaftigkeit dieses Rohrmaterials sind zum grossen Theil sehr günstig. So hat man seiner Zeit in Frankfurt beim Aufnehmen einer über 200 Jahre alten Leitung noch die Hälfte der Röhren brauchbar gefunden, und sah in Kassel nach 50 jährigem Gebrauche die Röhren einer Leitung innen noch spiegelblank, aussen nur an wenigen Stellen zerfressen.

Auf der anderen Seite liegen aber auch Beobachtungen vor, laut welchen die Röhren vom Wasser stark angegriffen wurden; in solchen

*) Vgl. F. Fischer[6]).

Fällen leidet dann nicht nur die Röhre durch Rostbildung, sondern auch das Wasser*), welches Eisen aufnimmt und unter Umständen einen tintenartigen Geschmack bekommt. Häufiger nehmen die Eisenröhren durch Verrosten von aussen Schaden, besonders wenn sie im Bereiche der Grundwasserschwankungen bald nass bald trocken liegen.

Eine eigenthümliche Erscheinung ist das Auftreten von birnförmigen Concretionen (Rostknollen) in eisernen Röhren, welche in einem Falle nach Analyse von Berthier aus 58,2 % Eisenoxyd und 21 % Eisenoxydul (nach Gueymard aus 55,8 % Eisenoxyd und 8,6 % Eisenoxydul) — nicht aus Kalk, wie angenommen wurde — bestanden. Das Auftreten von Rostknollen kann dazu führen, dass die Rohrstränge mehr und mehr unwegsam werden, so konnte die 3200 m lange Wasserleitung von Grenoble nach 7 Jahren nicht mehr die Hälfte des früheren Wasserquantums fördern.

Die Ursache dieser Erscheinung ist noch nicht klar gestellt worden.

Man hat viele Mittel zur Conservirung der Eisenröhren empfohlen. Am besten hat sich das Verfahren von Angus Smith bewährt, nach welchem die von Rost gereinigten erwärmten Röhren in eine Mischung von Theer und Leinöl, die auf 150 ° C. erhitzt ist, eingetaucht werden.

Die Verbindung der Röhren geschieht im Allgemeinen entweder mittelst Muffen oder mittelst Flanschen.

Zur Muffenverbindung hat jede Röhre am einen Ende eine becherartige Erweiterung, in welche das cylindrische Ende (Schwanzende) der anderen Röhre gesteckt wird. Der Zwischenraum zwischen beiden wird mit lose gedrehten, getheerten beziehentlich in Leinöl getränkten Hanfstricken zu etwa ²/₃ der Muffentiefe ausgestampft, mit Blei ausgegossen und schliesslich verstemmt.

Das Verdichten der Muffenverbindung verlangt auch insofern grosse Sorgfalt, als nach einer Beobachtung der englischen Kommission für die Verhütung der Flussverunreinigung (VI. Rep. S. 221) die Möglichkeit besteht, dass das Wasser durch die Berührung mit dem Hanf einen schlechten Geschmack annimmt.

Für die Flanschenverbindung haben beide Enden der Röhren Scheiben mit Schraublöchern und wird die Verbindung dadurch hergestellt, dass die Röhren mit einer Zwischenlage eines concentrischen Verdichtungsringes aus Gummi, Leder, Blei, Pappe oder dgl. zusammengestossen und durch Anziehen der Schrauben an einander gepresst werden.

Die Rohrstränge werden, um sie vor Witterungseinflüssen und Erschütterungen zu schützen, mit einer Ueberdeckung von 1 ½ bis 2 m in den Boden verlegt.

---

*) Ueber den Einfluss der Crenothrix polyspora siehe S. 132.

Ablenkungen der Rohrleitung aus der geraden Richtung lassen sich entweder durch Einschalten von gebogenen Rohrstücken oder durch schräges Einstecken der Röhre in die Muffe herstellen; das letztere Verfahren ist jedoch nur für schwache Krümmungen anwendbar. Abzweigungen stellt man mit gabelförmigen Rohrstücken (Abzweigstutzen) her.

Wenn an das Haupt- oder Stammrohr direkt sich die Nebenleitung mit mehreren Rohrsträngen anschliessen soll, verwendet man auch als Zwischenstück cylindrische Behälter aus Gusseisen (Vertheilungs- oder Theilkasten), welche ausser den erforderlichen Ansatzstutzen mit Flanschen einen aufgeschraubten Deckel, darauf eine Schraube zum Beseitigen von Luftansammlungen und am Boden einen Schieber oder Hahn als Ablassvorrichtung haben.

Mit Rücksicht auf Reparatur- und Anschlussarbeiten werden die Zweigleitungen dicht bei ihrem Anschluss an die Stammleitung mit Absperrvorrichtungen (Schiebern) versehen. Desgleichen sind, damit man für derartige Zwecke das Wasser ablassen kann, Entleerungsvorrichtungen anzubringen.

Um den, am höchsten Punkte der Leitung zeitweise auftretenden, Luftansammlungen zu begegnen, welche der Bewegung des Wassers sehr hinderlich werden können, sind an solchen Stellen Lufthähne aufzusetzen. Selbstthätige Ventile haben sich für diesen Zweck wenig bewährt.

Mit gutem Erfolg hat man, wenigstens für kleinere Orte, auch Asphaltröhren angewandt, welche mit Stossfugen an einandergelegt und mit eisernen Muffen und Asphaltkittdichtung verbunden werden. Die Asphaltröhren sind durch Aufrollen von Papier mit einer Einlage von geschmolzenem Asphalt und durch Zusammenpressen fabricirt und haben innen einen feinen, gegen Wasser nicht empfindlichen Firnissanstrich.

Man rühmt von diesem Leitungsmaterial, dass es von fast unbegrenzter Dauer, widerstandsfähig, wasserdicht und relativ billig sei.

Holzröhren wurden früher für kurze Rohrstränge häufig benutzt, man wählte dazu mit Vorliebe Fichten- oder Rothtannenstämme, die im Spätherbst gefällt waren. Dieselben sind von geringer Dauer (12 Jahre), werden leicht undicht und ertheilen dem Wasser einen Beigeschmack. Mitunter dringen Wurzeln und andere Vegetationen aus dem Boden in dieselben ein.

Von den Vorschlägen zur Conservirung, z. B. mittelst Kalkmilch, hat keiner sich bewährt.

Als ein vorzügliches Rohrmaterial, das sich nicht sowohl in Hinsicht der Reinlichkeit als auch der Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen inneren und äusseren Druck auszeichnen soll, werden auch die Glasröhren genannt. Eine verbreitete Anwendung haben dieselben

noch nicht gefunden, da man sie nicht auf billige Weise so zu härten versteht, dass sie Erschütterungen gut ertragen.

Die anderen Röhrenarten kommen für die Zuleitung von der Bezugsquelle zum Verbrauchsort nicht in Frage.

## Die Vertheilung nach den Verbrauchsstellen.*)

### *Das Reservoir.*

Für den Rauminhalt des anzulegenden Hochreservoirs ist der Wasserverbrauch maassgebend. Gewöhnlich wird der nutzbare Fassungsraum so gross verlangt, dass man mit dem Inhalt den vollen Tagesbedarf des Versorgungsortes decken kann. Um nur die Schwankungen im stündlichen Verbrauch auszugleichen, würden etwa 20 % des höchsten Tagesverbrauchs genügen.

Mitunter werden anstatt eines grossen Hochreservoirs zwei angelegt und zwar wird das zweite, kleinere (Gegenreservoir) am entgegengesetzten Ende des Ortes aufgestellt, welches mit dem anderen Reservoir durch einen Hauptrohrstrang in Verbindung steht und zur Ausgleichung der Druckschwankungen im Rohrnetz dient.

Im Allgemeinen gilt es als vortheilhaft, das Hochreservoir in möglichster Nähe des Verbrauchsortes anzulegen.

Die Hochreservoire werden gewöhnlich in Mauerwerk (Backstein mit Betonverbindung und Cementverputz) ausgeführt und erhalten zumeist einen rechteckigen Grundriss.

Um die Einwirkung der Lufttemperatur fernzuhalten, legt man dieselben, wo nur immer möglich, in dem Boden oder selbst in Felsen an, überwölbt sie und deckt den Gewölbescheitel noch mit einer Erdschicht von 1 bis 1 1/2 m Höhe ein. Wo die örtlichen Verhältnisse dazu zwingen, den Hochbehälter auf der Erdoberfläche oder auf einem Unterbau über derselben aufzustellen, wird auch Schmiedeeisen als Herstellungsmaterial verwendet. Zum Schutz vor Witterungseinflüssen umgibt man dann das Reservoir mit einem Gehäuse, umkleidet es mit schlechten Wärmeleitern und lässt zur Sommerszeit nach J. Krieger's[5] Vorschlag das Dach sowie die Seitenwände des Reservoirs fortwährend mit Wasser überrieseln; durch die sich entwickelnde Verdunstungskälte wird noch eine Abkühlung erzielt, welche Krieger für die Strassburger klimatischen Verhältnisse je nach dem Sättigungsgrade der Luft auf 6 bis 8° C. veranschlagt.

Die Reservoire haben in der Regel eine nutzbare Tiefe von 3 bis 5 m.

---

*) Vgl. König-Poppe[2]) (S. 225), E. Sonne[2]) (S. 63), F. Lincke[2]) (S. 107), Gill u. Fölsch[7]).

Zur Verhütung des Stagnirens bringt man die Oeffnungen für das Zufluss- und Abflussrohr möglichst entfernt von einander an, sorgt beim Herstellen der Sohle für ein geringes Gefälle und führt im Reservoir eine Anzahl Scheidewände ähnlich wie zur Herstellung der Züge eines Massenofens auf, wodurch der Weg des Wassers von dem Einlauf zum Auslauf in Schlangenwindungen angeordnet wird. Am Reservoir bringt man ausser dieser Einrichtung noch ein Ueberlaufrohr, ferner einen Wasserstandsanzeiger (Schwimmer mit Kette und Skala) und schliesslich zur Erwärmung des Wassers in sehr strengen Wintern noch ein Wasserheizrohr an.

### *Die Druckhöhe.*

Da die centrale Versorgung ihrer sanitären Bestimmung nur dann in vollem Umfange gerecht wird, wenn sie allseitig den Wasserverbrauch für die Zwecke der Reinlichkeit steigert, ist schon bei der Anlage von Wasserwerken darauf Bedacht zu nehmen, dass der Bezug des Wassers mit allen Mitteln erleichtert wird. In diesem Sinne muss es als sehr wichtig gelten, von den Leitungen unbedingt so viel Förderhöhe zu verlangen, dass sie das Wasser in jedes Stockwerk bis unter das Dach der höchst gelegenen Häuser liefern.

Der Druck, welchen man einer Leitung zu geben hat, damit in allen Höhenlagen des Versorgungsortes das Wasser zum obersten Geschosse der höchsten Häuser gelangt, summirt sich aus der Höhe des höchsten Punktes des Ortes, der Höhe des Hauptgesimses der höchsten Häuser und der Höhe des Druckes zur Ueberwindung der Reibungswiderstände in den Leitungsröhren.

Die Höhe des Dachraums über dem Strassenpflaster ist örtlich verschieden, sie beträgt 15 bis 24 m, demnach sind mindestens 18 bis 20 m Druckhöhe erforderlich.

Im Verlangen nach einer bestimmten Förderhöhe begegnen sich die Interessen der Gesundheitspflege und des Löschwesens, indem das letztere die Anforderung stellt, dass die Leitung aus den Strassenhydranten einen kräftigen Wasserstrahl gebe, der ohne Vermittelung von Feuerspritzen direkt zum Löschen eines Brandes benutzt werden kann.

Der Bedarf an Förderhöhe ist für Löschzwecke etwas höher als für die Versorgung der Gebäude, er beträgt etwa 30 m über Strassenpflaster, da hier durch die Schläuche ein stärkerer Reibungswiderstand und fürs Dach eine Mehrforderung an Druckhöhe von etwa 8 m in Rechnung kommt.

Aus diesem Bedarf an Druckhöhe ergibt sich die erforderliche Höhenlage des Hochbehälters, beziehungsweise die nöthige Förderkraft der Hebungsmaschinen.

Die anzuwendende Druckhöhe findet indessen eine Begrenzung darin, dass bei einem starken Druck die Verbindungsstellen im Rohrnetz undicht werden und dass die Rohrbrüche, welche mitunter in Folge eines unbedachtsamen, plötzlichen Abschliessens von Sperrvorrichtungen beobachtet werden, um so leichter entstehen. Man wird daher, wenn die Lage der Ortstheile in der Höhe beträchtlich verschieden ist, nicht die gleiche Druckhöhe für alle Zweige des Rohrnetzes nehmen können.

In solchen Fällen theilt man den Verbrauchsort nach Maassgabe der Höhenlage in einzelne Versorgungsbezirke (Druckzonen) ein und gibt einem jeden ein eigenes Reservoir und Rohrnetz.

### *Das Rohrnetz.*

Behufs Vertheilung des Wassers nach den einzelnen Gebäuden und öffentlichen Brunnen zweigen vom Abflussrohre des Hochreservoirs, beziehungsweise mitunter auch direkt vom Druckrohr, Röhrstränge ab, welche die Strassen des Versorgungsortes durchziehen. Auch dieser Theil der Wasserleitungen wird aus gusseisernen Röhren hergestellt.

Man kennt zwei Arten der Anordnung derselben: das Verästelungs- und das Kreislaufssystem.

Beim Verästelungssystem zweigen die einzelnen Rohrstränge von einem Hauptrohre in ähnlicher Weise ab wie die Aeste und Zweige eines Baumes vom Stamme und verjüngen sich in ihren Dimensionen mehr und mehr, während beim Kreislaufssystem ähnlich wie im Blutkreislaufe ein durch Zwischenverbindungen geschlossenes Röhrennetz hergestellt wird.

Das Verästelungssystem ist zwar in der Anlage billiger, aber dem Kreislaufssystem nicht vorzuziehen, da sich in ihm die durch Aenderungen im Wasserverbrauch auftretenden Druckschwankungen nicht so leicht ausgleichen, sowie an den Endpunkten der Leitung sich die suspendirten Theile des Wassers als Schlamm ansammeln und überdies das Wasser sich weniger frisch hält wie an anderen Stellen des Rohrsystems.

Beim Kreislaufssystem zweigt man in neuerer Zeit von den die Strassen durchziehenden Hauptsträngen, an welchen die Hydranten angeschlossen werden, je einen — für breite Strassen zwei — parallellaufenden Nebenstrang ab, der die Hausleitungen und die öffentlichen Brunnen speist. Die Haupt- und Nebenstränge erhalten Absperrvorrichtungen und werden so verzweigt, dass dem Nebenstrang vom Hauptstrang der nächsten Strasse noch Wasser zufliessen kann,

wenn der ihm zugehörige Hauptstrang für Reparaturen u. dgl. entleert werden muss.

*Die Hausleitungen.**)

Der Anschluss der Gebäude wird entweder durch Anbohren und Einschrauben eines gusseisernen Zweigrohres oder durch Anflanschen erreicht. Im letzteren Falle muss schon beim Legen des Rohrnetzes ein Abzweigstück mit Flanschenansatz in den Nebenstrang eingeschaltet sein.

Gegen das Anflanschen wird geltend gemacht, dass das Verfahren die Anlage- und Betriebskosten erheblich vertheuert und häufig den Hausbesitzer zwingt, an einer Stelle den Anschluss zu nehmen, welche seinen baulichen Dispositionen auch nicht im mindesten entspricht.

Als Rohrmaterial für Hausleitungen, das gleichfalls auf einen Druck von 12 Atmosphären geprobt sein soll, kommen hauptsächlich nur Gusseisenrohr, Bleirohr und Zinnrohr mit Bleimantel (Mantelrohr) in Betracht. Wenn die Zuleitung zum Hause einen geringeren lichten Durchmesser als 40 mm erhält, eignen sich für Leitungen innerhalb der Gebäude am besten Bleirohre und Zinnrohre mit Bleimantel (Salbach[9]).

Da man beim Legen der Leitung im Inneren der Gebäude den Röhren Biegungen und Krümmungen geben und manche Abzweigungen herstellen muss, sind Gusseisenrohre nur unter Einschaltung von Bogen- und Ansatzstücken zu verwenden.

Man hat geglaubt, diesem Uebelstande durch die Einführung von schmiedeeisernen Röhren abhelfen zu können. Die Erfahrung lehrte aber, dass diese, namentlich bei weichem Wasser, so stark verrosten, dass sie das Wasser gelb färben und tintenartig schmeckend machen, sowie selbst bald unbrauchbar werden.

Auch verzinntes Rohr aus Schmiedeeisen ist kein unbedingt empfehlenswerthes Material. Dasselbe theilt mit dem Gusseisenrohr den Mangel, dass es sich nicht biegen lässt, da der Zinnüberzug im Feuer Schaden nimmt; es ist sonach ohne verzinnte Façonstücke nicht verwerthbar. Auch gilt es als technisch nahezu unmöglich, die Verzinnung überall gleich gut herzustellen, erfahrungsgemäss sind aber die schlecht verzinnten Stellen der Oxydation noch mehr unterworfen wie das unverzinnte Rohr.

Von allen Rohrarten für Hausleitungen hat nur das Bleirohr eine verbreitete Anwendung gefunden, da es sehr biegsam und durch

---

*) Vgl. F. Fischer a. a. O.

Löthen leicht zu verbinden ist, also für Anschlussarbeiten und Reparaturen die geringsten Schwierigkeiten darbietet.

Leitungen aus Bleirohr sind verhältnissmässig billig und haben im Allgemeinen eine unbegrenzte Dauerhaftigkeit. Freilich müssen sie vor Druck von aussen und ähnlichen mechanischen Einwirkungen (z. B. Hammerschlägen, Eintreiben von Nägeln) bewahrt bleiben, auch darf man sie nicht in kalkreichen, feuchten Boden oder unter Cementverputz verlegen, unter welchen Verhältnissen sie spröde und brüchig und selbst zerstört werden können. Es verdient ferner Beachtung, dass die Ratten bisweilen Bleiröhren benagen und sogar durchfressen.

Während nun das Bleirohr als Material den technischen Anforderungen nahezu vollkommen entspricht, sind gegen dessen Verwendung von ärztlicher Seite schon vielfach ernste Bedenken geäussert worden, da das Wasser im Stande ist, Blei beim Durchfliessen der Rohre oder längerem Stehen in denselben aufzunehmen.

Es liegen gut beobachtete Fälle von Bleivergiftungen in Folge des fortgesetzten Genusses eines solchen Wassers vor, angesichts welcher man ernstlich die Frage in Erwägung zu ziehen hat, ob die Verwendung von Bleirohr in der Wasserversorgung seitens der Gesundheitspolizei noch zu dulden sei. Nun ist aber die Zahl von Beobachtungen dieser Art verschwindend klein im Verhältniss zur Thatsache, dass in vielen deutschen Städten*) bei der Wasserleitung Bleirohre allgemein in Gebrauch sind, ohne dass die Aerzte über nachtheilige Folgen bisher zu berichten gehabt haben. Nur an vereinzelten Orten sind Bleivergiftungen hin und wieder beobachtet worden.

Entsprechend diesem Widerspruch in der Erfahrung besteht nur für einige Städte ein Verbot der Bleirohre. Diese lokale Behandlung der Frage ist vollkommen durch die bemerkenswerthe Erscheinung gerechtfertigt, dass nicht alle Wässer Blei aus Bleirohr in dem Maasse aufnehmen, welches ausreicht, um bei fortgesetztem Gebrauch zum Trinken und Kochen toxische Wirkungen hervorzubringen.

Die Ursache des ungleichen Verhaltens der Wässer gegen Blei ist in verschiedener Weise gedeutet worden. Durch die praktische Erfahrung und das Experiment kam man zur Erkenntniss, dass gewisse Bestandtheile des Wassers der Aufnahme von Blei förderlich oder hinderlich sind.

So ist es bekannt, dass das Wasser bei einem gewissen Gehalt an Chloriden, Nitraten (Horsford, Graham, Miller, A. W. Hofmann),

---

*) Z. B. in Altenburg, Berlin, Bochum, Danzig, Dortmund, Essen, Halle, Hannover, Posen, Rostock, Steele u. s. w.

an Nitriten oder Ammoniakverbindungen (Medlock, Böttcher) eine grössere Neigung zur Einwirkung auf das Blei zeigt und dass insbesondere lufthaltiges Wasser (J. Smith, v. Pettenkofer u. A.) geeignet ist, die Röhren anzugreifen. Auf der anderen Seite hat man gefunden, dass ein gewisser Gehalt an kohlensauren und schwefelsauren Erdsalzen, indem sie schwerlösliche Bleiverbindungen auf der Berührungsfläche bilden, die Angreifbarkeit wesentlich vermindern und so die Schädlichkeit der Bleiröhren beseitigen. Uebrigens liegen auch gegentheilige Beobachtungen vor, z. B. berichten Kersting und Napier, dass harte Wässer von 8 bis 15 Härtegraden die Bleiröhren mehr angreifen, als weiche, die nur 1 bis 6 Härtegrade haben; ähnliche Erfahrungen hat auch Clemens gemacht. Indessen soll nach Kersting salpetersaures Alkali im Wasser leichter zur Aufnahme von Blei führen als kohlensaures Alkali.

Der Mangel an Uebereinstimmung in den Angaben der einzelnen Beobachter kann nicht befremden, wenn man bedenkt, dass die Versuche zum Theil an natürlichen Wässern, zum Theil an wässrigen Lösungen der fraglichen, dem Angriff förderlichen oder hinderlichen Bestandtheile ausgeführt sind. Der Angriff des Bleies, wenn dasselbe einem Wasser ausgesetzt ist, welches verschiedenartige chemische Agentien enthält, ist aber ein complicirter Vorgang, in welchem die der Aufnahme von Blei Seitens des Wassers günstigen Bestandtheile neben den derselben ungünstigen wirken und sich in ihrem Einfluss bald ausgleichen bald überbieten.

Wie die Untersuchungen von J. Smith gezeigt haben und wiederholt bestätigt worden ist (v. Pettenkofer, v. Fodor, Reichardt, Roques u. A.), muss der Luftgehalt des Wassers als eine der wichtigsten Bedingungen der Angreifbarkeit des Metalles erachtet werden. Dabei wirkt sowohl nach v. Pettenkofer's Untersuchungen der Sauerstoff, als auch die Kohlensäure, wie Reichardt erkannt hat.

An der Hand dieser Erfahrungen scheint es auch begreiflich, warum Bleiröhren von destillirtem Wasser angegriffen werden, indem dieses bekanntlich aus der Luft Sauerstoff und Kohlensäure aufnimmt; übrigens können zur Lösung von Blei nach Medlock und Böttcher auch Ammoniakverbindungen, welche das destillirte Wasser häufig absorbirt enthält, beitragen.

Im harten Wasser ist zuweilen der Sauerstoff zur Oxydation von organischen und anderen Substanzen zu Verlust gegangen (v. Pettenkofer, Horsford), die Kohlensäure meist gebunden und unschädlich gemacht (Reichardt), aber andererseits sind nach Angabe von A. W. Hofmann, Graham und Miller sowie von Noad die organischen Stoffe geeignet, durch ihre Zersetzungsprodukte die Aufnahme von Blei zu begünstigen.

Nach den eingehenden Darlegungen von F. Fischer[6] berichten Christison, Solly, Faiszt, v. Pettenkofer, Besnou und Bo-

bierre, Dumas, Balard, Lissauer u. A., dass das gewöhnliche Brunnen- und Leitungswasser kein Blei löse, und hebt auch die englische Commission zur Verhütung der Flussverunreinigung in ihrem sechsten Berichte (S. 224) hervor, dass jedenfalls die Furcht vor Bleivergiftung durch Bleiröhren als übertrieben zu erachten sei.

Sicherlich ist die Schädlichkeit der Bleiröhren nicht zu fürchten, wenn dieselben für geschlossene Rohrleitungen Verwendung finden, in welchen die Mitwirkung der Luft durch einen ununterbrochenen Betrieb, d. h. eine fortwährende Füllung mit Wasser ausgeschlossen ist. Vorsichtshalber sollte man das längere Zeit, z. B. über Nacht, in der Leitung gestandene Wasser unbenutzt abfliessen lassen und eine derartige Ausspülung der Bleirohre auch unmittelbar nach einer zu Reparatur- oder Anschlussarbeiten stattgehabten Entleerung der Leitung vornehmen, bevor Wasser zu Genusszwecken wieder entnommen wird. Dagegen ist das Blei in seiner Verwendung für andere Zwecke der Wasserversorgung, z. B. zu Saugröhren für Pumpbrunnen, zu Ventilgewichten für Pumpen u. dgl. ein durchaus ungeeignetes Material.

Angeregt durch die von ärztlicher Seite erhobenen Bedenken war die Technik lange Zeit rastlos bemüht, für das Blei ein anderes Rohrmaterial zu finden, welches bei gleichen technischen Vorzügen keine Gefahren für die Gesundheit in sich schliesst. Diese Bestrebungen waren bis jetzt nicht von einem durchschlagenden Erfolg begleitet.

Zwar hat man im Zinnrohr mit Bleimantel ein brauchbares Ersatzmittel gefunden, aber es ist das Mantelrohr zwischen 30 und 45% theuerer als Bleirohr (Schmetzer) und gilt als weniger widerstandsfähig gegen den Wasserdruck.

Auch hat man versucht, durch eine vorgängige Behandlung mit chemischen Agentien die Angreifbarkeit des Bleirohrs herabzusetzen. Von den zahlreichen in dieser Richtung gemachten Vorschlägen haben nur die Verfahren von Schwarz und Christison in der Praxis Eingang gefunden. Das eine Verfahren besteht darin, dass das Rohr mit einer Lösung von Schwefelkalium behandelt wird, wodurch ein Ueberzug von unlöslichem Schwefelblei entsteht, während man im anderen die Rohre mit einer verdünnten Lösung von Natriumphosphat einige Zeit stehen lässt, welches auf der Metallwand eine von den in Wasser unlöslichen Bleiphosphatverbindungen bildet.

Selten sind Zink und Kupfer als Material für kurze Leitungsröhren oder für Behälter in Gebrauch. Auch diese Metalle werden

vom Wasser nachweisbar angegriffen, und ist deren Anwendung nicht rathsam, zumal ein Bedürfniss für dieselbe nicht besteht.

### *Der Wasserzins.*

Das sanitäre Interesse der Bevölkerung kann bei einer centralen Versorgung leichter, wenn die Gemeinde von vornherein deren Anlage und Betrieb übernimmt, eine volle Berücksichtigung finden, als wenn eine Erwerbsgenossenschaft ihr Kapital in einem Wasserwerk anlegt und nutzbar zu machen sucht. Zwar wird auch die Gemeindeverwaltung als Unternehmer das Wasser wie eine Waare behandeln und für die Benutzung der Wasserleitung eine Vergütung verlangen müssen, aber sie hat es doch in der Hand, zu verhüten, dass der Minderbemittelte aus Sorge vor den Kosten weniger Wasser für sich und die Seinigen aufwendet, als es wünschenswerth erscheint.

Das Ueberlassen der Ausführung und des Betriebs von Wasserleitungen an private Unternehmer hat allenthalben und besonders in England zu Unzuträglichkeiten geführt, welche eine Anzahl von Städten, wie Manchester, Glasgow, Bradford, Liverpool u. A., schliesslich dazu gedrängt haben, das Wasserwesen mit grossen Kosten wieder in ihre Hände zu bringen (Sander[9]). Dem privaten Unternehmer kann zunächst nur die Rentabilität der Anlage und erst in zweiter Linie das öffentliche Wohl maassgebend sein. Es fehlt die zu Gunsten der Abnehmer wirkende Concurrenz, denn die Gemeinde ertheilt mit der Concession zu einem Wasserwerk zugleich ein Monopol (Bürkli).

Im Hinblick auf diese Verhältnisse ist es als eine erfreuliche Erscheinung zu bezeichnen, dass die Mehrzahl der deutschen Städte, welche neue Wasserleitungen in unserer Zeit sich gegeben oder im Begriffe sind, dies zu thun, die Anlage und den Betrieb selbst übernommen haben.

Eine Berücksichtigung der Vermögensverhältnisse des Einzelnen kann in verschiedener Weise geschehen: Man wird entweder jedem Ortsbewohner unentgeltlich oder zu einem sehr ermässigten Preise dasjenige Wasserquantum liefern, das er zum Trinken, Kochen und zur Reinlichkeitspflege nöthig hat, und den Mehrverbrauch nach bestimmten Tarifsätzen verrechnen, oder den Preis für das Wasser zum Hausbedarf im Tarif je nach dem Miethswerthe der Wohnung oder einem ähnlichen Maassstabe verschieden hoch stellen.

Nach einer von H. Schülke[10] mitgetheilten vergleichenden Zusammenstellung über die Wasserwerks-Tarife deutscher Städte wird der Wasserpreis nach verschiedenem Modus und in ungleich hohen Beträgen berechnet.

a) Für den Hausbedarf.

1. nach Zahl der bewohnbaren Räume unter Berücksichtigung des Miethspreises,

2. nach Zahl von bewohnbaren Räumen, Küchen, Waschküchen u. dgl. pro Raum 1,8—3,50 M. jährlich,

3. nach Grundfläche der Wohnungen, pro qm Etagenfläche 0,10 M.,

4. nach dem Miethswerthe der Wohnung 2—6 % jährlich,

5. nach Staatsgebäudesteuer,

6. nach Familien resp. einzeln stehenden Personen,

7. nach Grundstücken,

8. nur nach dem Wassermesser.

Der Wasserbezug unter Controle des Wassermessers geschieht nach Einheitspreisen für den Hausbedarf und nach Vorzugspreisen für gewerbliche Zwecke.

Nach Gill und Foelsch[7] wird als Einheitspreis pro cbm Wasser in Berlin 0,15, Dresden 0,12, Wien 0,16—0,19 und Altona 0,213 Mark bezahlt.

Die Berechnung nach Zahl der Wohnräume ist die gebräuchlichste, nach ihr die im Procentverhältnisse des Miethswerthes.

b) Für den Bedarf an Nutzwasser.

Fast überall muss die Benutzung der Wasserleitung zu Badeeinrichtungen, Wasserclosets, Pissoirs, für den Viehstand, für Gärten, Höfe und Plätze, Springbrunnen, gewerbliche Anlagen u. s. w. eigens vergütet werden.

*Die Wasserabgabe.*

a) Das System der Abgabe.

Schon um einer Vergeudung vorzubeugen, bedarf man eines Maasses für das vom Consumenten aus der Leitung entnommene Wasserquantum oder es zwingt die Unzulänglichkeit der Bezugsquellen die Wasserwerkverwaltung dazu, den Abnehmern das zugebilligte Wasser vorzumessen. Noch mehr wird aber eine Controle der Wasserentnahme dadurch erforderlich, dass die Consumenten für die Benutzung dem Unternehmer eine Vergütung leisten sollen.

Diese Messung der abgegebenen Mengen ist keineswegs ohne Schwierigkeiten, sie geschieht nach verschiedenen Grundsätzen und kann der Wasserbezug ein continuirlicher, ein intermittirender oder ein unbeschränkter sein.

Beim continuirlichen System fliesst das Wasser aus der Leitung ununterbrochen, jedoch ist die Abgabe durch eine Beschrän-

kung des Querschnittes der Auslässe mittelst Messhähnen (Caliberhähnen) so regulirt, dass das dem Consumenten zuerkannte Wasserquantum nur innerhalb 24 Stunden nach und nach geliefert wird.

Auch beim intermittirenden System ist der Bezug auf eine bestimmte Menge beschränkt, jedoch findet derselbe in der Weise statt, dass den Abnehmern nur in einzelnen Stunden des Tages durch Oeffnen des Haupthahnes Wasser verabfolgt wird.

Mit diesen Verfahren wird der Zweck einer Regulirung des Wasserbezugs nur höchst unvollkommen erreicht. Durch Anlage von kleinen Hausbehältern, welche in beiden Fällen unentbehrlich sind, kann man wohl den Tagesschwankungen im Verbrauch Rechnung tragen; aber um für den gesteigerten Bedarf an einzelnen Wochentagen und in der heissen Jahreszeit sich vorzusehen, müssen geräumige Reservoire aufgestellt und ein grösseres Wasserquantum der Leitung entnommen werden, von welchem immerhin noch ein beträchtlicher Theil in der Zeit des geringen Verbrauchs zu Verlust geht. Durch die Aufstellung eines solchen Hausbehälters, dem man, um alle Stockwerke zu versorgen, auf dem Dachboden einen Platz anweisen müsste, wird die Anlage der Hausleitung wesentlich vertheuert und überdies die Beschaffenheit des Wassers keinesfalls verbessert, da es im Winter zu kalt, im Sommer zu warm wird, leicht Verunreinigungen erfährt und verdirbt. Eine Abhilfe könnte einigermaassen durch beständiges Laufenlassen des Wassers erzielt werden, würde aber nicht nur eine Wasserverschwendung bedingen sondern auch eine weitere Belastung des Abnehmers.

Diese und andere Mängel waren ganz dazu angethan, einer allgemeinen Betheiligung entgegenzuwirken und zumal den Anschluss von gewerblichen Anlagen als nicht empfehlenswerth erscheinen zu lassen.

Gegenüber den genannten Methoden zeichnet sich das System des unbeschränkten Bezuges in vortheilhafter Weise aus, indem es dem Consumenten gestattet, durch Oeffnen des Hahns seiner Auslässe Wasser in beliebigen Mengen zu entnehmen, und die Lichtweite der Zuleitungsröhren und Haupthähne annähernd so bemisst, dass dem grössten augenblicklichen Bedarf des Hauses in kürzester Zeit noch Genüge geleistet werden kann.

Die Abgabe erfolgt in diesem Falle entweder auf Grund einer Einschätzung des Wasserverbrauchs, wodurch die Entnahme auf Discretion anheimgestellt wird, oder unter Controle von Wassermessern.

Der uncontrolirte Wasserbezug hat den früher (S. 191) erwähnten

Nachtheil, dass er zur wissentlichen oder fahrlässigen Wasserverschwendung führt; auch ist es dabei unvermeidlich, dass der Eine etwas höher, der Andere etwas geringer besteuert wird, als seinem wirklichen Verbrauch entspricht. Allein es hat dieses Verfahren doch den Vortheil, dass durch Ersparung der Wassermesser die Anlage- und Betriebskosten billiger sind und sich die Consumenten nicht leicht einen in sanitärer Hinsicht verwerflichen Zwang bei der Entnahme anthun.

Einer allgemeinen Einführung von Wassermessern stand bisher hauptsächlich der Umstand entgegen, dass die Beschaffungskosten keineswegs geringe sind.

### b) Die Wassermesser.

Salbach[3)] (a. a. O. S. 100) stellt an einen Wassermesser die Anforderung, dass derselbe sowohl die kleinsten als auch die grössten Wassermengen, welche den Apparat passiren können, mit gleicher Genauigkeit anzeigt, dass ferner bei dem Durchflusse des Wassers der Druck nicht erheblich vermindert wird und dass der Apparat auch verhältnissmässig billig zu beschaffen ist.

Von etwa 200 Patenten, die auf Wassermesser ertheilt sind, hat nur eine geringe Zahl in der Praxis Aufnahme gefunden. Im Wesentlichen gibt es zwei verschiedene Constructionssysteme: Kolbenmesser und Flügelmesser.

Die Kolbenmesser bestehen darin, dass das Wasser beim Durchfliessen des Apparates einen Cylinder füllt und dabei einen Kolben hebt; jeder Kolbenaufgang wirkt auf ein Zählwerk, an dem dann die Anzahl der Cylinderfüllungen — beziehungsweise direkt die Menge des durchgeströmten Wassers abgelesen wird.

Die Construction der Flügelmesser zielt auf eine Geschwindigkeitsbestimmung ab, indem bei denselben vom Wasser ein kleines Flügel- oder Turbinenrad gedreht wird, dessen Umdrehungen das Zählwerk registrirt. Innerhalb gewisser Grenzen ist die Zahl der Umdrehungen der durchgeflossenen Wassermenge proportional.

Nach Salbach's eingehenden Untersuchungen sind die Kolbenmesser, wenn in gutem Zustande, unstreitig die zuverlässigsten Wassermesser, da sie die kleinste wie die grösste Wassermenge mit der gleichen Genauigkeit registriren. Gegen ihre Anwendung spricht aber einerseits ihr hoher Preis (170 bis 300 M.), andererseits ihre Grösse und ihr Gewicht ($25^1/_2$ bis 178 kg).

Dagegen geben die Flügelmesser weniger genau die Wassermenge an als die Kolbenmesser, auch sind sie minder empfindlich und re-

gistriren den tropfenweisen Durchfluss noch nicht. Nichtsdestoweniger werden sie wegen ihres minder hohen Preises (90 bis 105 M.), der geringeren Reparaturbedürftigkeit, des weniger beträchtlichen Gewichts (4¾ bis 15¼ kg) den Kolbenmessern vorgezogen und haben namentlich die Constructionen von Siemens u. Halske und von Guest u. Chrimes (engl. Siemens) die meiste praktische Anwendung gefunden.

**Literatur.** 1) F. König, Anlage und Ausführung von Wasserleitungen und Wasserwerken. 2. Aufl. v. L. Poppe. Leipzig 1878. — 2) L. Franzius u. E. Sonne, Der Wasserbau. Handbuch der Ingenieurwissenschaften. Bd. 3. Leipzig 1879. — 3) B. Salbach, Die Wasserleitung. 2. Aufl. Halle 1876. S. 74 u. 85. — 4) Vgl. E. Grahn (Journ. f. Gasbeleuchtnng 1879. 43), über die Pariser Leitungen; G. Wolffhügel (über die neue Wasserversorgung der Stadt München 1876), über die Leitungen zu München, Salzburg u. Frankfurt a/M., sowie B. Salbach (Die Wasserversorgung der Stadt München. 3. Nachtrag. München 1876), über die Leitungen zu Gotha, Eisenach, Danzig u. Wien. — 5) J. Krieger, über die thermische Isolirung der Hochreservoirs auf künstlichen Subconstructionen. Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1875. Bd. VII. S. 674. — 6) F. Fischer, Dingler's polyt. Journ. 1876. Bd. 219. S. 557, und Chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1880. S. 324. — 7) H. Gill u. A. Fölsch, Gutachten über das Projekt der Filtration der Hamburger Stadtwasserkunst. März 1881. — 8) B. Salbach, Wasserversorgung d. Gebäude (Handbuch d. Architektur. Bd. 4). Darmstadt 1881. S. 291. — 9) F. Sander, Handbuch d. öffentl. Gesundheitspflege. Leipzig 1877. S. 297. — 10) H. Schülke, Correspondenzbl. d. Niederrhein. Vereins f. öffentl. Gesundheitspflege 1875. S. 111.

Druck von J. B. Hirschfeld in Leipzig.